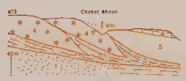
Pr 260 C3

MÉMOIRES
DU MUSÉUM
NATIONAL
D'HISTOIRE
NATURELLE

SCIENCES
DE LA
TERRE
TOME 56
1990

Jean-Paul SAINT MARTIN

Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc



Publié avec le concours de TOTAL-CFP

Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Directeur de la publication : Philippe BOUCHET
Rédacteurs (Editors) : P. BOUCHET, A. DUBOIS, C. ERARD
Secrétariat : Bernadette CHARLES
Conception graphique : Alain DEFILIPPI
Rédaction : 57, rue Cuvier
75005 Paris

Les Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle publient des travaux originaux majeurs (100 pages et plus) dans les domaines suivants : Zoologie (série A), Botanique (série B), Sciences de la Terre (série C). Les auteurs sont invités, pour toutes les questions éditoriales, à prendre contact avec le directeur de la publication.

Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle publishes major original contributions (100 pages and over) in three different series : Zoology (série A), Botany (série B), Earth Sciences (série C). Prospective authors should contact the Editor. Manuscripts in French and English will be considered.

Vente en France
(uniquement)

Éditions du Muséum
Lionel GAUTHIER
38, rue Geoffroy St-Hilaire
75005 Paris
Tél. : (1) 40-79-37-00
Telex MUSNAHN 202641 F
Fax : 40-79-34-84
CCP : 9062-62 Y Paris

Sales Office
(France excluded)

Universal book services
Dr. W. BACKHUYS
Warmonderweg 80
2341 KZ Oegstgeest
The Netherlands
Tel. : (71) 17 02 08

Parution et prix irréguliers. Les ordres permanents d'achat et les commandes de volumes séparés sont reçus par le service de vente. Catalogue sur demande. Une liste des derniers titres parus figure en page 3 de couverture.

Volumes are published at irregular intervals, and at irregular prices. Standing orders and orders for single volumes should be directed to the Sales Offices. Price list and catalogue on request. Recently published memoirs are listed on page 3 of the cover.

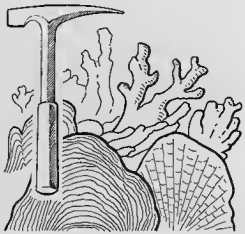
The Muséum national d'Histoire naturelle also publishes a Bulletin.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc



Source : MNHN, Paris

ISBN : 2-85653-170-9
ISSN : 0246-1196
© Éditions du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1990.

Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

SÉRIE C
SCIENCES DE LA TERRE
TOME 56

Jean-Paul SAINT MARTIN

Université d'Aix-Marseille I
Centre de sédimentologie-paléontologie
3, place Victor Hugo
13331 Marseille Cedex 3

Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc

Publié avec le concours de TOTAL-CFP

ÉDITIONS
DU MUSÉUM
PARIS

1990

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

SOMMAIRE

Pages

RÉSUMÉ 17
ABSTRACT 19

INTRODUCTION

LE CADRE GÉOGRAPHIQUE 21
LE CADRE GÉOLOGIQUE 22
LES RÉCIFS CORALLIENS : DÉFINITIONS, TERMINOLOGIE 23
INTÉRÊT, BUTS ET MOYENS DE L'ÉTUDE 24
PRÉSENTATION DE L'OURAGE 25

LES RÉCIFS CORALLIENS DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR D'ALGÉRIE

INTRODUCTION 29

Le cadre géographique 29
Le cadre stratigraphique 30
Les récifs messiniens d'Algérie : les données 30

ORANIE OCCIDENTALE, Règion des M'Sirda 31

ORANIE OCCIDENTALE, Bassin de la Tafna 31

Présentation 31
Le cadre géographique 31
Les études réalisées 31
Le contexte géologique : aperçu 34

Les Sebaa Chioukh 35
Introduction 35
Le récif du Dj. Sebaa Chioukh 36
Le Koudiat Meraina 43
Les affleurements du Pont de Saboune 43

Les Beni Ouarsous 44
Introduction 44
Les affleurements récifaux au Sud de Souk el Khemis 46
Le récif de Souk el Khemis 46
Les affleurements au Nord de Souk el Khemis 54
Conclusion 54

Source : MNHN, Paris

Rive gauche de la Basse-Tafna 55
Introduction 55
Le rebord occidental du plateau de Tadmaya, SE de Souk el Tnine 55
La Mersat Zouanif 55

La région de Beni Saf, le Djebel Skouna 58
Introduction 58
Sud du Dj. Skouna 60
Ouest du Dj. Skouna 61
Nord du Dj. Skouna 62
Nord-Est du Dj. Skouna 63
Les constructions et le contenu paléontologique 63
Conclusion 64

Le plateau de Sidi Safi 64
Introduction 64
Le secteur méridional du plateau de Sidi Safi 64
Les affleurements d'Ain el Arba 67
Le Nord du plateau de Sidi Safi 67
Conclusion 69

Le plateau des Ouled ben Adda 69
Introduction 69
La carrière de Tzioua 71
Le Douar Ouled Sidi bou Azza 73
La vallée de l'Oued Hallouf 76
L'activité récifale sur le plateau des Ouled ben Adda 77

Le secteur Bled Keroulis-El Malah 77
Introduction 77
Le Bled Keroulis 79
Les affleurements de Bled Messahia 80
Les environs d'El Malah 80
Conclusion 80

ORANIE CENTRALE — LE LITTORAL ORANAIS 81

Présentation 81
Le cadre géographique 81
Les études réalisées 81
L'aspect paléontologique 83
Le contexte géologique : aperçu 83

Cap Figalo — Bou Zadjar 83
Introduction 83
Le plateau occidental 85
Le versant septentrional du Dj. Kourdia 89
L'environnement récifal au Cap Figalo : interprétation 91

La vallée de l'Oued Sidi Medioni 92
Introduction 92
La sédimentation messinienne 92
Conclusion 93

La région de l'Oued Sassel 93

Source : MNHN, Paris

Le Djebel Murdjadjo 94
Introduction 94
Le Murdjadjo : études antérieures et interprétations 94
La sédimentation pré-récifale 98
Le complexe récifal corallien du Murdjadjo 100
La sédimentation post-récifale 107
Discussion 109

Le bassin du bas Chelif : bordure méridionale 111

Présentation 111
Le cadre géographique 111
Les études réalisées 111
Les constructions coralliennes : répartition 113
Le contexte géologique : aperçu 113

Le rebord septentrional du Tell 115
Introduction 115
Le secteur d'Arbal 117
Le Chabet Aricha 118
Le secteur de Bou Seter 118
Le secteur de Tafaraoui 123
L'Oued Ouenkis : extrémité orientale du Dj. Chegga 125
Le Djebel Meskine : région de Zahana 128
Le Djebel Touzen 129
Le Djebel Aoud Sma 130
Le Hammar Semmoumet : la région de Sig 136
Les affleurements du Bled Sidi Ben Knadil 142
Le flanc septentrional du Djebel Bou Ziri 144

Le rebord méridional du Tell 147
Introduction 147
La région d'Ain Trid — Ain el Berd 148
Les environs de Bou Djebaa 150
Les Cheurfas 152

Les autres récifs miocènes d'Algérie occidentale 153

Présentation 153

Les récifs anté-messiniens 153
Le Djebel Moksi 153
La baie d'Honaine 153

Les récifs à position stratigraphique incertaine 154
Oranie occidentale 154
La bordure nord occidentale du massif des Dahra 154

Les récifs messiniens d'Algérie : conclusions 155

Le deuxième cycle post-nappe 155

Les constructions coralliennes 155
Développement et répartition 155
Types de récifs 156

Source : MNHN, Paris

Les assemblages de Madréporaires 156
L'aspect chronologique 158
Événements messiniens post-récifaux 159
L'Oranie occidentale 159
Le reste de l'Oranie 159

LES RÉCIFS CORALLIENS DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR DU MAROC

INTRODUCTION 163

Le cadre géographique 163
Le cadre stratigraphique 164
Les récifs du Miocène supérieur au Maroc : les données 164

LE RIF NORD-ORIENTAL 165

Présentation 165
Le cadre géographique 165
Les études géologiques antérieures 165
Le contexte géologique : aperçu 166

Le bassin de Boudinar 167
Introduction 167
La coupe de Moulay el Arbi 167
La coupe de Talilit 168
Observations complémentaires 169
Répartition des affleurements récifaux coralliens 169
Les calcaires à *Porites* et la sédimentation messinienne 170
Conclusion 170

Le bassin de Melilla 171
Introduction 171
Le complexe récifal des Trois Fourches : structure d'ensemble 173
Le secteur de Messadit 174
Le secteur de l'Oued Tirhârfâtine 175
Le secteur oriental 177
Les affleurements de l'Oued Medouar 178
Les affleurements méridionaux du Taourirt Medil 179
Résumé : le phénomène récifal dans le bassin de Melilla 181

Le piedmont des Kebdana 186
Présentation 186
Le secteur occidental 186
Le secteur central 187
Le secteur oriental 192
Conclusion 192

LE SILLON SUD-RIFAIN 193

Présentation 193
Le cadre géographique 193

Source : MNHN, Paris

Les études géologiques réalisées 193
Plan de l'étude 195

La région de Meknès 195
Introduction 195
Les affleurements coralliens 196
La sédimentation vers le centre du bassin 199
Conclusion 200

Le Moyen Atlas au sud de Fès 201
Introduction 201
Le Nord-Est de Sefrou : la région de Boughioul 203
Le plateau d'El Ouata 205
Les environs de Bir Tam Tam, la rive droite de l'Oued Sebou 208
Les affleurements d'El Menzel 210
L'affleurement de Ribat Al Khayr 211
L'affleurement d'Arham Amellal 211
Le récif de Tazouta 214
L'édification en bordure du Moyen Atlas 215

Les environs de Taza 215
Introduction 215
Observations à l'Est de Taza 216

Le sillon oriental 216
Introduction 216
Le bassin de Guercif 218
La région de Taourirt 218
Les environs d'Oujda 218

Les bassins intramontagneux 222

Introduction 222

Les affleurements récifaux 222
Arbaa de Taourirt 222
La région de Midar 222
La cuvette d'Ain Zorah 222
Les affleurements de Tizeroutine 223

Conclusion 223

Les récifs du miocène supérieur du Maroc : résumé 223

L'évolution paléogéographique au Miocène supérieur 223

Les problèmes de stratigraphie 224

Les constructions coralliennes 224
Développement et répartition 224
Les types de récif 224
Les Madréporaires 224

Événements messiniens post-récifaux 225
Le Rif nord-oriental 225
Le sillon sud-rifain 225

Source : MNHN, Paris

CONSTRUCTEURS ET CONSTRUCTIONS

LES MADRÉPORAIRES 229

Les Madréporaires recensés 229
L'inventaire 229
Répartition dans les constructions 229
Description succincte des espèces 229

Morphologies des colonies 230
Classification des morphologies coloniales élémentaires 230
Les ensembles coloniaux 233
La signification des morphologies coloniales 234
Conclusion 237

Les Madréporaires et les conditions d'environnement 238
La nature du substrat 238
La sédimentation 238
L'hydrodynamisme 239
La topographie initiale 240
La salinité et la température 240
Les interactions biotiques, la compétition 240
Impacts divers, pathologie 241
Conclusion 241

Les associations de Madréporaires 241
Introduction 241
Les phases d'édification 242
La répartition horizontale 243
Classification des récifs en fonction de la diversité corallienne 243

LES AUTRES ORGANISMES CONSTRUCTEURS 244

Les constituants de l'armature récifale 244
Les Algues Rhodophycées 244
Les Bryozoaires 244
Les Annélides 245
Les Vermetidae 245

Les Bioconstructions indépendantes 245
Les Algues Rhodophycées 245
Les Annélides et les Vermetidae 245
Les Cyanobactéries 246

L'ÉCOSYSTÈME RÉCIFAL DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR

LA FAUNE RÉCIFALE ASSOCIÉE 249

La microfaune 249
Introduction 249

Source : MNHN, Paris

Les Foraminifères ... 249
Les Ostracodes ... 251

Les Annélides ... 251

Les Bryozoaires ... 251

Les Brachiopodes ... 252

Les Bivalves ... 252
Les données ... 252
Conclusion ... 253

Les Gastéropodes ... 255

Les Échinodermes ... 257
Les Échinides ... 257
Les Ophiuridae ... 259

Les Crustacés ... 259
Les Cirripèdes Balanidae ... 259
Les Décapodes ... 259

Organismes divers ... 260
Les Spongiaires ... 260
Les Céphalopodes ... 260
Les Poissons ... 260

Bilan et comparaisons ... 260
La faune récifale du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc ... 260
Comparaison avec les autres récifs messiniens de Méditerranée ... 261
Conclusion ... 261

LE MILIEU RÉCIFAL : ASPECTS PALÉOÉCOLOGIQUES ... 265

Le récif, ensemble biocénotique ... 265
Les composantes du milieu récifal ... 265
L'organigramme récifal ... 265
Le récif et les relations trophiques ... 266
Application aux récifs coralliens miocènes d'Algérie et du Maroc ... 267

Les associations récifales messiniennes d'Algérie ... 267
L'exemple de la faune de Bivalves de Tzioua ... 267
La faune de Bivalves des divers récifs d'Algérie ... 274
Remarques ... 274

Le peuplement récifal d'Algérie et du Maroc : reconstitution ... 275
La vie dans les récifs ... 275
Madréporaires vivants et organismes associés ... 275
La chaîne trophique ... 275
Les organismes participant aux processus de bioérosion ... 275
Les accumulations ... 277
Importance des cavités ... 277
Les épibioses ... 278
Les organismes nectoniques ... 278

Biocénoses et paléobiocénoses récifales : les difficultés ... 278
Introduction ... 278

Source : MNHN, Paris

La paléobiocénose 278
Les pertes d'information 278
Les reconstitutions 279
Conclusion 281

LE PHÉNOMÈNE RÉCIFAL AU MIOCÈNE SUPÉRIEUR EN ALGÉRIE ET AU MAROC IMPLICATION DANS L'ÉVOLUTION DE LA MÉDITERRANÉE

LES FAITS ESSENTIELS 285

Le problème des « récifs à *Porites* » 285
Introduction 285
Les récifs à *Porites*, une évidence 285
Les données et les explications proposées 285
Les objections et le bilan 287
Les observations de terrain 288
Les accumulations diatomitiques messiniennes en Méditerranée 288
Récifs coralliens et *upwellings* : les données actuelles 290
Conclusion : l'influence du phénomène d'*upwelling* 291

Bilan de l'édification récifale 292
Extension géographique 292
Importance des édifices 293
La sédimentation 293
Les communautés de Madréporaires 293
Les faunes récifales associées 294
Conclusion, conséquences 294

Le cadre stratigraphique 294
Le problème des limites stratigraphiques 294
Situation stratigraphique des récifs coralliens 295

Le cadre paléogéographique 295
La situation au Tortonien et le mouvement transgressif 295
La tendance régressive 296
Implication des récifs coralliens 296
Conclusion 297

Le cadre climatique 297
Les données 297
Les récifs coralliens et le climat 299

Le cadre tectonique 300
Introduction 300
L'édification récifale dans le cadre structural 300
Les récifs et la tectonique post-messinienne 301

ESSAI DE CARACTÉRISATION DE L'ÉDIFICATION RÉCIFALE 301

Principe 301

Classification sommaire 302

Conséquences 302

Source : MNHN, Paris

Les problèmes de classification 302
Les principaux groupes de récifs 306

Structures et géomorphologies récifales 306

Les enseignements des formations récifales coralliennes actuelles 306
La démarche analogique 306
Les récifs du groupe 1 307
Les récifs frangeants du groupe 2 307
Les récifs de plate-forme du groupe 3 307
Les récifs à *Porites* du groupe 4 308

Conclusion 309

L'histoire récifale au miocène supérieur en Algérie et au Maroc 310

Le développement récifal en Méditerranée 311

La répartition des récifs coralliens au Miocène supérieur 311
Les données bibliographiques 311
Les récifs d'Espagne et des Baléares 312
Les récifs d'Italie et de Sicile 313
Les récifs de Malte et de Tunisie 313
Les récifs de Méditerranée orientale 313

Les principaux enseignements 314
Un phénomène récifal au Miocène supérieur 314
Le domaine récifal atlanto-méditerranéen 315

CONCLUSION GÉNÉRALE

Un événement de grande ampleur 319

Apports de l'étude, hypothèses, problèmes 320

Références bibliographiques 323

Index systématique : Liste des espèces reconnues dans les récifs coralliens du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc 343

Index thématique et géographique 347

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

RÉSUMÉ

SAINT MARTIN, J-P., 1990.02.13. LES FORMATIONS RÉCIFALES CORALLIENNES DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR D'ALGÉRIE ET DU MAROC. Mém. Mus. natn. Hist. nat., (C), **56** : 1-373. Paris ISBN : 2-85653-170-9.

Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur affleurent largement dans la partie nord-occidentale du Maghreb. Leur extension est suivie depuis le bassin du Chelif en Algérie jusqu'aux abords atlantiques près de Meknes, au Maroc. Un inventaire détaillé de tous les édifices coralliens visités ou connus précise leur situation stratigraphique et paléogéographique, apporte des éléments d'analyse des morphologies observées et recense leur contenu paléontologique. L'étude plus complète de deux complexes récifaux, le Djebel Murdjadjo en Algérie et Melilla au Maroc, démontre l'implication du phénomène récifal dans la sédimentation messinienne.

Les morphologies coloniales développées par les principaux constructeurs coralliens fournissent des renseignements sur les facteurs de contrôle du milieu et dans certains cas témoignent des contraintes géométriques inhérentes á la construction.

L'analyse de la faune associée aux récifs et le recensement des peuplements permettent d'affiner l'image du milieu récifal et de ses composantes á la fin du Miocène. Les multiples aspects de l'écosystème récifal corallien sont ainsi envisagés. A travers l'exemple du Messinien récifal sont appréhendées les difficultés de reconstitution des biocénoses originelles.

Les récifs coralliens du Miocène supérieur se sont mis en place dans une fourchette de temps qui comprend le Tortonien supérieur et une partie du Messinien. L'édification corallienne s'est effectuée á partir d'un mouvement transgressif, apparemment généralisé, permettant l'occupation de nombreuses aires peu profondes favorables á un épanouissement des Madréporaires. La paléogéographie ainsi soulignée se décompose en ensembles côtiers étendus (bordure du Moyen Atlas au Maroc), en rides (Oranie occidentale), hauts-fonds de formes variables, îles, archipels... Les récifs se diversifient et s'adaptent donc en fonction des environnements sédimentaires très variés dans lesquels ils sont amenés á se développer. Le problème de l'oligospécificité des récifs trouve un élément de compréhension á la lueur du fait que les récifs á *Porites* se développent á proximité immédiate des zones d'accumulation diatomitique; l'examen des faits actuels suggére un effet limitant dû au fonctionnement d'*upwellings*. La restriction des communications avec l'Atlantique entraîne dans les bassins marginaux méditerranéens de nouvelles modifications paléogéographiques ; certains récifs en témoignent par la progradation descendante des constructions. La fin de l'édification récifale coïncide avec l'instauration d'un régime de confinement, la colonisation du milieu par des stromatolithes, le dépôt d'évaporites et peut-être une nouvelle dégradation climatique. Les récifs révélent aussi les communications établies entre les bassins et la persistance de relations encore aisées entre Atlantique et Méditerranée au moins jusqu'au début du Messinien.

L'épanouissement récifal au Miocène supérieur constitue une indication climatique importante et peut marquer une stabilisation du climat (voire un léger réchauffement) dans le cadre d'un refroidissement global constaté durant le Miocéne. De plus l'emplacement des édifices ainsi que les morphologies déterminées en bordure des bassins représentent des guides pour l'évaluation des fluctuations du plan d'eau, partiellement en rapport avec des variations eustatiques globales.

L'importance prise par l'édification corallienne au Miocène supérieur, démontrée en Algérie et au Maroc mais aussi dans le reste de la Méditerranée, l'identité des communautés coralliennes et des faunes associées, la relative homogénéité d'ensemble constatée au niveau des types de constructions et des morphologies conduisent á envisager l'existence d'un domaine récifal méditerranéen, étendu aux abords atlantiques, marqué par une histoire biologique et géologique particulière, aux multiples composantes.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

ABSTRACT

SAINT MARTIN, J-P., 1990.02.13. LES FORMATIONS RÉCIFALES CORALLIENNES DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR D'ALGÉRIE ET DU MAROC. Mém. Mus. natn. Hist. nat., (C), **56** : 1-373. Paris ISBN : 2-85653-170-9.

Upper Miocene coral reef formations from Algeria and Morocco.

This study concerns Upper Miocene coral reef formations from the Chelif basin in Algeria to the Meknes aera in Morocco, western North Africa.

CORAL REEF FORMATIONS IN ALGERIA

Represented in several aera of Oranie, coral reef outcrops exhibit a variety of paleogeographic situations, reef structures, madrepore assemblages and sedimentological settings. Specific markers indicate a Messinian age.

In western Oranie (Tafna basin), several scleractinian genera are involved in the reef building and two types of reefs can be differentiated :

a) reefs formed over elongated ridges or shoals, subjected to intermittent terrigenous sedimentation and presenting a bedded appearance ;

b) reefs established in a carbonate platform environment and formig scattered blocks or lenses, more or less developed within calcareous sediments where coralline algae predominate.

Along the coast-line near Oran, reefs with several genera of frame-builders, together with algal layers, settled on shoals around a Miocene volcano. The more imposing reef complex however is due to the activity of a single genus (*Porites*) and occupies the southern slope of Djebel Murdjadjo. It is a system of interlocking contructed bodies, prograding, associated with scattered biomechanical deposits rich in *Halimeda* and replacing coralline algae beds coeval with part of the diatomitic accumulations of the basin. Following the death of the coral reef, evaporites were deposited on a lower level, and the edge of the construction was overlain by a series of oolitic sediments, with stromatolites in a more distal position, indicating a post-reef return of the sea.

On the southern border of the Chelif basin, Messinian sedimentation varies considerably and coral reefs are distributed along two roughly parallel lines, thus emphasising the complex paleogeographic organization of this area. On the northern border of the Tessala Mounts, and of the Beni Chougrane is a belt comprising several tens of kilometres of reefs built by *Porites* strongly distorted by recent tectonics. These reefs occur above a succession of deposits including marls, diatomitic laminites, coralline algae limestones and sanstones. In most instances, the contructions are overlain by oolitics and locally by stromatolitic limestones. The late position of *Porites* reefs in the Messinian sedimentation is demonstrated in the Sig area. As for the reefs forming the southernmost belt, they were built by several coral genera and sometimes occur directly on a pre-Miocene substrate.

CORAL REEF FORMATIONS IN MOROCCO

Although stratigraphical correlations between the Mediterranean and Atlantic realms at the end of the Miocene are not clearly established, all known reef formations are attributed to a time range, covering the upper part of the Tortonian and the Messinian. As for Algeria, these reefs show various features in connection with the local paleogeography. In the north-eastern part of the Rif, two basins are noteworthy. Several remnant *Porites* reefs are known in the Boudinar basin, and the Melilla-Nador basin presents a comprehensive view of Messinian sedimentation. The reef complex of the Trois Fourches Cape (W of Melilla) is a huge elliptical unit consisting of several prograding bodies built by *Porites*, established over a carbonate platform, locally exhibiting progradation phenomena downslope. Sandy marls were later deposited at the periphery, indicating a fluvio-deltaic environment, while part of the structure was overlain by oolitic and stromatolitic limestones. Farther East, a fringe of reefs clings to the border of the Kebdana range ; several coral genera took part in their construction during a period of constant, often coarse, sedimentation.

In the South-Riffian Trough, extending between Rif and Middle Atlas, coral reefs settled during the transgression that reached the hinterland, delineating thus a complex and jagged paleogeography with numerous shallow areas. These recently discovered reefs exhibit identical features : bedded reefal episodes, terrigenous sedimentation promoting the genus *Porites*, and marl overlap. They indicate the position of extant seaways between the western and southern parts or the South-Riffian Through, notably to the south of the Tazzeka Massif (near Taza), and demonstrate a continuity beyond the Algero-Moroccan border that questions previously accepted paleogeographic reconstructions.

Troughout the Rif, several basins contain upper Miocene sediments, together with coral reefs poorly known.

Source : MNHN, Paris

Paleontological and paleoecological features

The inventory of scleractinians reveals the overall low diversity of reef-builders and their homogeneity throughout the region.

Various colonial morphologies are present : stick and finger-like, columnar or pillar-like, massive, more or less and spherical, superimposed domes, flettened or laminar. Clustered colonial structures are elaborated, irregularly thick and flared, or mixed with vertical stick-like forms with horizontal laminar expansions. These latter growth forms are interpreted partially in terms of geometrical constraints. A study of the distribution of these morphologies shows a " stratification " rather than an actal spatial differentiation, and — taking into account the degree of maturity of the constructions — recent models are not readily applicable. Environmental conditions obviously affected madrepore growth and the genus *Porites* remained only when environmental factors become relatively unfavourable (turbidity, salinity).

The lack of frame-building genera is evident from the beginning of reef construction phase. Some reefs were entirely constructed by the genus *Porites*, and this oligospecificity was connected by several authors to the " Messinian crisis ». The present observations show that in Algeria and Morocco these *Porites* reefs were established near areas of diatomite deposition. Judging from Recent reef situations, this relationship suggests a thermal limiting effect for madrepore growth and associations.

Associated reef fauna has been detailed, principally in Algeria. It consists mainly of foraminifera, ostracods, serpulids, bryozoans, brachiopods, bivalves, gastropods, echinoids, ophiuroideans and crustaceans. They are represented by about 300 species identifiable either to specific or generic levels. All organisms are unevenly distributed among the various reefs and come either from the coral framework (epiliths, cavity-dwellers, burrowers inside infilling sediments, borers, commensals...) or from the adjacent areas (biomechanical deposits with *Halimeda*, limestones, sands...) The analysis of the various ecological groups (trophism, position in relation to substrate) occuring in specific fossil deposits defines more accurately this aspect of reefal population. More generally, this quantitative paleoecological analysis allows a distinction between several types of reef formation. The example of the Messinian reef environment demonstrates the difficulties encountered during reconstructions of original life associations, and also reveals the various processes of information loss.

Reef building : main features and classification

Considering the great variety of palcogeographic and paleoecological situations, it is extremely difficult to establish a global reef model. On the other hand, it is possible to define the various parameters determining each reef environment, to propose a simple classification, and to isolate the major groups of affinities. The latter allows differentiation between fringing or shoal reefs, generally bedded and subjected to clayey terrigenous sedimentation ; fringing reefs clinging to a well developped topography, within clastic, occasionally coarse sedimentation, poorly developed platform reefs in the shape of patches or lenses ; and finally monogeneric reefs built by *Porites*. Study of Recent reef formations shows interesting parallels but also enhances the characteristics of a reef phenomenon intimately associated with a peculiar geodynamical evolution.

Implication of the reef phenomenon in the evolution of the mediterranean

Upper Miocene coral reefs settled in a time-interval including the Upper Tortonian and part of the Messinian. Coral reef building was initiated by a transgressive movement, apparently widespread, liberating numerous shallows areas propitious to madrepore blooming. The paleogeography defined by the reefs gave rise to wide coastal areas (border of the Middle Atlas in Morocco), ridges (western Oranie), and shoals of various forms or islands where reefs developed among diversified sedimentary settings. Limitation of communication with the Atlantic involved new modifications in the marginal Mediterranean basins. This is revealed by the downward progradation of some of the reefs. The end of the reef episode coincided with the beginning of confining conditions, the colonization of the environment by stromatolites, the deposition of evaporites, and possibly a new climatic deterioration. The reefs also display the established communieations between basins and the persistence open seaways connections between the Atlantic and the Mediterranean until at least the beginning of the Messinian.

The reef explosion during the Upper Miocene is an important climatic clue that may indicate climate stabilization (and even a slight warming) within the general drop in temperature recorded during the Miocene.

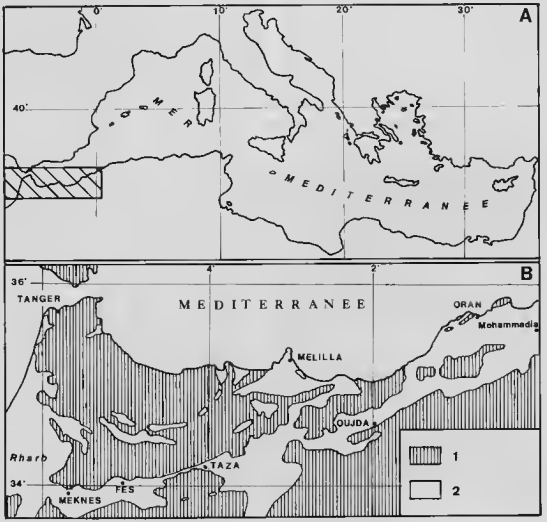
The importance of reef building in the Upper Miocene, as demonstrated in Algeria and Morocco and in other parts of the Mediterranean, the identity of coral communities and of associated faunas, the relative global homogeneity of reef types and morphologies together indicate the existence of an Atlantic-Mediterranean reef province with well defined features.

Source : MNHN, Paris

INTRODUCTION

Le cadre géographique

La région concernée par cette étude s'étend sur la partie nord-occidentale de l'Afrique du Nord, depuis Mohammadia en Algérie jusqu'à la plaine du Rharb au Maroc (Fig. 1). Les principaux secteurs visités sont diversement répartis. En Algérie les recherches ont porté sur toute la bande côtière délimitée par les chaînes telliennes et la Méditerranée. Au Maroc il s'agit plus particulièrement de la bordure du Moyen Atlas et du sillon sud-rifain sur une ligne E-W d'Oujda



1 : Substratum anté-néogène et matériel de nappes 2 : Néogène post-nappe.

Fig. 1. — Situation (A) et limites (B) de la région étudiée.

Source : MNHN, Paris

à Meknès, et de la zone côtière nord-orientale (bassins de Boudinar et Melilla, monts des Kebdana).

Schématiquement parallèle à la partie méridionale de l'Espagne, le secteur envisagé correspond de la même façon à une zone charnière entre les domaines atlantique et méditerranéen. La densité des constructions coralliennes du Miocène permet donc de réaliser des observations presque continues et de suivre de façon privilégiée l'évolution spatio-temporelle de l'activité récifale.

Le cadre géologique

La fin du Miocène est marquée dans le domaine méditerranéen par un certain nombre d'événements géologiques dont le plus spectaculaire est certainement la formation d'un vaste bassin évaporitique. Cependant, dans le cadre de cette évolution géodynamique, certains phénomènes sédimentaires ont pris une importance exceptionnelle. L'extension et l'importance des bioconstructions carbonatées constituent des éléments supplémentaires de compréhension de l'histoire méditerranéenne. De tels événements n'ont pas manqué de susciter de nombreuses interprétations et par là-même d'actives controverses quant aux modèles génétiques proposés, mais également quant aux diverses délimitations stratigraphiques adoptées. En ce qui concerne la question du Messinien et de tout ce qui s'y rattache, d'innombrables travaux et articles permettent de suivre ce débat dont on trouvera l'essentiel dans les synthèses les plus récentes (Rouchy, 1982a, b ; Rouchy, 1986). Le présent travail n'interviendra donc pas directement dans la discussion qui s'est instaurée à propos de la genèse de la crise évaporitique. Rappelons simplement qu'à une hypothèse fixiste très catastrophiste d'une dessiccation complète de la Méditerranée avec des chutes du niveau d'eau dépassant le millier de mètres, s'opposent d'autres explications plus nuancées qui font intervenir un processus plus progressif caractérisé par une évolution différenciée des bassins et une certaine pérennité

Tableau 1. — Échelle stratigraphique du Miocène supérieur (pour le Maroc, d'après Wernli, 1987). *G. : Globorotalia.*

AGE M.A.		ETAGES	ZONES BLOW	ZONES FORAMINIFERES PLANCTONIQUES	MAROC		
					INDICE		ZONES FORAMINIFERES
5	PLIOCENE	ZANCLEEN	N19	*G. margaritae*	p^{1b}	PLIOCENE	*G. puncticulata*
			N18		p^{1a}		*G. margaritae*
6	MIOCENE SUPERIEUR	MESSINIEN	N17	*G. mediterranea* *G. conomiozea*	m^{6b}	"MESSINIEN"	sous zones *G. primitive*
7					β		*G. dutertrei* et *G. humerosa*
				G. dutertrei *G. humerosa*	m^{6a}		*G. dutertrei*
8		TORTONIEN			α		
9			N16	*G. acostaensis*	m^{5b}	TORTONIEN	*G. menardi* *G. miotumida* *G. saphoea*

Source : MNHN, Paris

d'apports océaniques, du moins pendant une partie de la phase évaporitique.

Au point de vue stratigraphique, le sujet traité concerne des terrains placés dans le Tortonien et le Messinien. On sait que la définition comme étage du Messinien (après abandon du Sahélien) n'a pas fait l'unanimité même si l'usage l'a progressivement consacrée. Plusieurs stratotypes nouveaux ont été proposés pour caractériser le Messinien à ses limites inférieures et supérieures, toutes deux fixées sur une échelle biostratigraphique dont le cadre assez rigide, s'il constitue une référence utile, ne tient pas toujours compte des réalités sédimentaires et paléogéographiques. Là encore, les références bibliographiques s'avèrent extrêmement nombreuses, parfois imprécises et contradictoires, et ne seront pas évoquées ici, sauf celles qui concernent plus spécialement le terrain étudié. A cet égard, il convient de constater que les biozonations proposées par divers auteurs sont, elles, établies à travers l'étude de séquences sédimentaires de bassins, ignorant de ce fait un ensemble précieux de données micropaléontologiques recueillies à partir des faciès de bordure. On trouvera dans les travaux récents de IACCARINO (1985) et BERGGREN *et al.* (1985) des synthèses et discussions concernant ce problème sensible de biostratigraphie du Miocène supérieur. On considère en général que la limite Tortonien-Messinien est marquée par l'apparition des Foraminifères planctoniques marqueurs *Globoratalia conomiozea/G. mediterranea*. L'âge de cet événement est apprécié différemment, selon des repères magnétostratigraphiques à 6,5 M.a. pour BERGGREN *et al.* (1985), ou sur la foi de datations géochronologiques à 6,6 ou 6,7 M.a. effectuées en Afrique du Nord ou en Espagne (ARIAS *et al.*, 1976 ; BELLON *et al.*, 1983). Le Tableau 1 présente de manière très schématique le cadre stratigraphique simplifié utilisé dans le présent travail et qui constitue un compromis entre les diverses échelles employées par les géologues ayant abordé l'étude des formations carbonatées de plate-forme en Méditerranée occidentale (BIZON *et al.*, 1975 ; de la CHAPELLE, 1988 ; GUILLEMIN & HOUZAY, 1982 ; LUKOWSKI, 1988 ; LUKOWSKI *et al.*, 1988 ; MONTENAT, 1977*e* ; OTT d'ESTEVOU, 1980 ; OTT d'ESTEVOU *et al.*, 1988 ; WERNLI, 1980, 1987).

LES RÉCIFS CORALLIENS : DÉFINITIONS, TERMINOLOGIE

L'édification par les Madréporaires de masses calcaires possédant une morphologie et une dynamique de croissance particulières a toujours suscité l'intérêt des chercheurs. Les nombreuses réflexions proposées concernent divers aspects comme la notion même de récif, la morphogenèse des récifs, la terminologie récifale, les bases de la classification (critères morphologiques, écologiques, sédimentologiques...), les rapports entre récifs vivants et récifs anciens. Ce débat permanent, parfois quelque peu théorique et académique, se prolongeant même de considérations sémantiques (BRAITHWAITE, 1973 ; ESTEBAN, 1977*a*), montre bien la complexité du phénomène biologique et géologique abordé. Un certain nombre de références indispensables ont servi de guides tout au long de ce mémoire :

ADEY (1978) ; ALLOITEAU (1959) ; BATTISTINI *et al.* (1975) ; BIRD (1969) ; BLANC (1982) ; BLOOM (1974) ; CHEVALIER (1978*b*) ; CLAUSADE *et al.* (1971) ; CLOUD (1952) ; DALY (1948) ; DAVIS (1928) ; DUNHMAM (1970) ; ELLOY (1973) ; ENOS & MOORE (1983) ; FEUILLÉE & RAT (1970) ; FROST (1977, 1981) ; HECKEL (1974) ; JAMES (1979*a*, *b*) ; JAMES (1983) ; HUBBARD (1985) ; KORNICKER & BOYD (1962) ; KUKAL (1971) ; LADD (1950) ; LONGMAN (1981) ; LOGAN *et al.* (1969) ; LUCAS (1970, 1973) ; Mc NEIL (1954) ; MATTHEWS (1974) ; MILLIMAN (1974) ; PURDY (1973, 1974) ; RAT (1968) ; SCHUHMACHER (1977) ; SELLWOOD (1978) ; STODDART (1969) ; THOMASSIN (1984) ; TSIEN (1981) ; TUCKER (1985) ; TWENHOFEL (1950) ; VATAN (1967) ; VAUGHAN (1919) ; VOGEL (1963) ; WILSON (1975).

Au delà de l'aspect purement formel de la question, il semble bien maintenant que la notion de récif s'harmonise tant du point de vue du géologue que du biologiste. Ainsi pour PHILIP (1983), « les récifs géologiques comme les récifs actuels, sont le résultat de l'activité, du développement, d'un écosystème benthique de mer chaude et peu profonde ». A cet égard c'est bien la prise en compte du concept d'écosystème qui devient une nécessité pour le géologue et qui a guidé en grande partie ce travail.

Les incertitudes d'une terminologie finalement assez imprécise et fluctuante pour les récifs anciens, malgré les nombreux travaux précités, ont incité à privilégier dans cet ouvrage une présentation aussi complète que possible des données d'observation, au risque d'alourdir un peu le texte. De manière générale l'emploi de certains termes comme bioherme et biostrome a été évité.

Source : MNHN, Paris

Intérêt, buts et moyens de l'étude

L'importance de l'édification récifale coralienne au Miocène supérieur, dans le domaine méditerranéen, n'a été vraiment relevée que dans une période récente. La monographie de Chevalier (1961) sur les formations récifales miocènes de la Méditerranée occidentale a constitué une première évaluation du fait récifal. Par la suite des données assez précises sur les édifices du Miocène supérieur ont été fournies par de nombreuses études portant sur plusieurs régions de Méditerranée. Cependant, sauf exception (Rouchy, 1982a), les récifs coralliens d'Algérie et du Maroc étaient restés largement ignorés. Depuis quelques années, plusieurs articles préludant au présent travail ont contribué à combler cette lacune.

Le développement des récifs coralliens constitue un des événements les plus marquants du Miocène supérieur méditerranéen, au même titre que le dépôt des laminites et des évaporites. La généralisation à l'échelle de la Méditerranée de l'activité constructrice corallienne ne peut que refléter des conditions globales de l'environnement. Le premier objectif poursuivi à l'origine du présent travail était de bien circonscrire l'importance et l'extension des formations récifales coralliennes du Miocène supérieur en Algérie et au Maroc. Pour l'atteindre, il fallait dresser l'inventaire systématique des gisements tant sur le terrain que d'après la littérature. Cette recherche, menée grâce au concours de plusieurs collègues et à la participation financière de CFP-TOTAL, a permis de recenser de nombreux sites et amené la découverte d'édifices coralliens nouveaux. Cet aspect est primordial, puisqu'il permet de mesurer l'impact réel du phénomène récifal à Madréporaires à cette époque. Conséquemment a pu s'esquisser le cadre paléogéographique et son évolution révélés par les récifs coralliens. De plus, la répartition des récifs apporte des indications irremplaçables pour évaluer les variations du niveau marin, qu'il s'agisse de l'eustatisme *sensu stricto* ou des fluctuations du plan d'eau méditerranéen, liées au bilan hydrologique propre du bassin. Dans cette optique, le contexte stratigraphique s'avérant déterminant, il était nécessaire d'y situer correctement les récifs coralliens.

Le deuxième objectif était d'analyser les divers paramètres d'un écosystème récifal révélateur de son environnement. Cela nécessitait de prendre en compte un maximum de renseignements paléontologiques et paléoécologiques. Le milieu récifal offre une grande diversité de peuplements, partiellement restitués. La sensibilité des organismes liés au système récifal à l'égard des paramètres physico-chimiques du milieu (température, salinité...) en fait des marqueurs significatifs qui en enregistrent des modifications d'ordre global ou local, permettant de suivre notamment le passage des conditions marines aux milieux confinés, ou encore des évolutions climatiques. Toute information constitue un élément d'appréciation précieux. C'est pourquoi a été entrepris, mais surtout en Algérie, un recensement aussi complet que possible de la faune récifale. Dans ce cadre, la contribution de plusieurs spécialistes a été essentielle pour la détermination du matériel : A. Poignant (Foraminifères), C. Guernet (Ostracodes), P. Moissette (Bryozoaires), S. Fréneix (Bivalves), P. Brébion (Gastéropodes), J. Roman (Échinides), P. Müller (Crustacés Décapodes). Cependant les organismes récoltés ne sont en aucun cas envisagés dans cet ouvrage sous l'aspect de la Systématique ; le lecteur intéressé trouvera néanmoins tout au long du texte des références à des articles séparés qui en abordent de manière plus précise la description et, en annexe, une liste des espèces reconnues. Ce matériel peut être consulté au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (Madréporaires, Bivalves), à l'Université Claude Bernard, Lyon I (Bryozoaires, Crustacés) ou à l'Université d'Aix-Marseille I (reste de la faune).

Ainsi de la répartition des édifices coralliens, de leur contenu, leur nature, et de la morphologie des constructions s'appréhende plus globalement un contexte évolutif, géodynamique et paléoclimatique. Il est ensuite possible d'aborder prudemment la vaste question de la « crise messinienne » en tenant compte du phénomène d'édification récifal. A ce niveau, il faut être conscient qu'on ne peut résoudre un problème géologique de grande envergure avec seulement une partie des données. Les indications contenues dans cet ouvrage ne représentent qu'une des bases possibles de discussion soumise à l'appréciation de chercheurs mieux armés pour proposer des explications des processus d'évolution de la Méditerranée.

Toute recherche comporte ses lacunes dont

Source : MNHN, Paris

certaines sont aperçues après coup. D'autres par contre tiennent à l'orientation privilégiée du travail. Compte tenu de la vaste extension et de l'importance des formations coralliennes examinées, il n'a pas été possible de réaliser, parallèlement à l'étude paléoécologique, une étude sédimentologique et notamment d'aborder les aspects diagénétiques. Il est évident que des travaux complémentaires à orientation sédimentologique seraient nécessaires pour cerner l'ensemble du phénomène récifal.

D'autres aspects n'ont pu être développés selon leur importance réelle. Il en est ainsi du rôle essentiel des Algues Rhodophycées dans le fonctionnement et l'équilibre tant écologique que mécanique de l'écosystème récifal corallien. Les difficultés rencontrées pour assurer la détermination du matériel prélevé n'ont pas permis d'approfondir cette question, débattue cependant partiellement dans la discussion finale. Les anciens auteurs utilisaient le plus souvent le terme de Lithothamniées pour désigner ces Rhodophycées qui appartiennent à la famille des Corallinacées et à la sous-famille des Mélobésiées, cette dernière dénomination étant adoptée dans ce travail.

On s'étonnera peut-être que cette étude ne débouche pas sur une proposition d'un modèle global et définitif de l'édification récifale au Miocène supérieur. A partir d'un inventaire précis des manifestations de l'activité récifale corallienne, il a paru préférable de dégager au mieux les implications et les interprétations probables, plutôt que d'élaborer un modèle, appréciable pour l'esprit, mais ne rendant compte que de manière simplifiée d'une situation évolutive différenciée. De plus, se profile souvent, comme le souligne HUMBERT (1972), le danger de polariser un certain dogmatisme (personnel surtout) autour d'un modèle. Le débat sur le Messinien en a d'ailleurs souffert, comme chacun pourra s'en persuader aisément en consultant l'abondante littérature disponible sur ce sujet.

PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

Cet ouvrage comporte d'abord un inventaire regroupant le maximum d'informations sur chaque région décrite ou chaque sujet traité. Pour faciliter la présentation des données, les coupes, logs, cartes, tableaux, planches et figures diverses ont été intercalés dans le texte. Les descriptions font souvent appel à la terminologie généralement adoptée par les auteurs dans les pays d'Afrique du Nord concernant les reliefs (djebel : dj. ; koudiet : kt) et les cours d'eau plus ou moins permanents (oueds et chabets).

Chaque section comprend généralement une courte introduction, avec des indications bibliographiques aussi complètes que possible. De plus des éléments d'interprétation ou de discussion sont proposés tout au long du texte et parfois repris dans des conclusions ou synthèses plus globales.

L'exposé aborde successivement les points suivants :

— il propose l'examen systématique des formations récifales coralliennes connues, et surtout visitées, d'Algérie et du Maroc ;

— il traite des divers aspects de l'édification et des rapports entre constructeurs et constructions ;

— il détaille le contenu paléontologique des édifices récifaux à Madréporaires et envisage plusieurs paramètres de l'écosystème récifal tel qu'il est préservé et son implication dans le cadre du Miocène supérieur ;

— il appréhende le fait récifal dans son ensemble et tente d'en dégager les principales caractéristiques avec une extension aux autres édifices coralliens connus en Méditerranée.

En conclusion générale sont rappelés les données essentielles et les apports nouveaux de la présente étude.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LES RÉCIFS CORALLIENS DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR D'ALGÉRIE

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

INTRODUCTION

Le cadre géographique

Le terrain d'étude recouvre schématiquement l'extrémité nord-occidentale de l'Algérie, aux environs de la ville d'Oran (Fig. 2). Il est limité dans sa partie occidentale par les monts des Traras. La Méditerranée le borde au Nord, tandis que la chaîne du Tell méridional (Sebaa Chioukh, Tessala, Ouled Ali, Beni Chougrane) en constitue la limite vers le Sud. Nous avons arrêté arbitrairement l'extension de l'étude au niveau de la ville de Mohammadia dans la partie orientale ; cependant la série messinienne riche en édifices carbonatés se poursuit bien au delà vers l'Est, tout au long du cours de l'Oued Chelif, et nécessiterait bien sûr un examen ultérieur de ses faciès récifaux à Madréporaires, évoqués par certains auteurs.

Afin de faciliter la description des formations coralliennes messiniennes, il a été envisagé trois régions relativement homogènes :

* L'Oranie occidentale, souvent assimilée au Bassin de la Tafna ;

* L'Oranie centrale recouvrant plus exactement le secteur occidental du littoral oranais, entre le Cap Figalo et la ville d'Oran ;

* Le bassin du Bas Chelif.

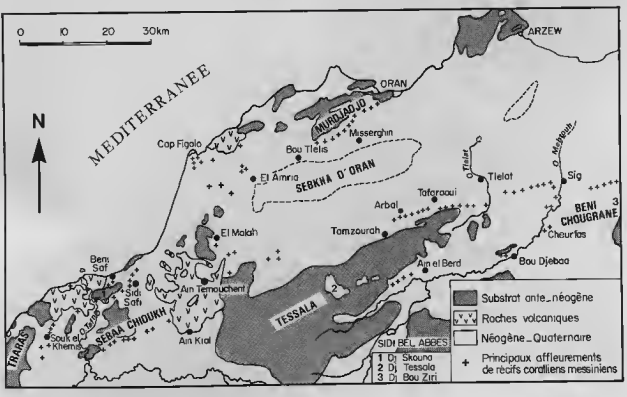


FIG. 2. — Emplacement des principaux affleurements récifaux coralliens (+) du Messinien d'Oranie.

Source : MNHN, Paris

Le cadre stratigraphique

A la subdivision en trois cycles principaux des anciens auteurs (Cartennien, Vindobonien, Sahélien), s'est substituée une chronologie basée sur la mise en place des nappes de glissement (anténappe, synchro-nappe, post-nappe). Le Messinien tel qu'il a été défini biostratigraphiquement, comme on l'a vu plus haut, et globalement admis ne correspond pas toujours tout à fait aux coupures stratigraphiques, lithologiques ou structurales précédemment établies. La dernière mise au point, qui prend en compte les faits stratigraphiques et tectoniques, concerne le bassin du Bas Chelif (Thomas, 1985) et propose une subdivision en formations. La période envisagée dans cette étude est donc post-nappe et couvre une partie du Tortonien et le Messinien (Tabl. 1).

L'activité constructrice corallienne n'intervient de manière générale qu'au Miocène terminal (Saint Martin *et al.*, 1983). En Oranie occidentale les récifs à Madréporaires constituent le terme de la sédimentation messinienne. Dans les environs d'Oran et dans le bassin du Chélif l'épisode récifal corallien fait suite à une succession de faciés trés diversifiés et ne se termine que sur l'instauration du régime sédimentaire lié à la « crise de salinité » messinienne (évaporites, épaisse formation marneuse et marno-sableuse).

Les récifs messiniens d'Algérie : les données

Jusqu'á une époque récente, seul un travail trés ancien de Bleicher (1875b) avait été consacré tout particulièrement aux niveaux á Polypiers du Miocéne. Quoique trés général, puisque étendu aux provinces d'Oran et d'Alger, il présentait l'intérêt d'établir une distinction entre divers types de formations sédimentaires contenant des Polypiers libres ou coloniaux. Il faut chercher dans de nombreuses autres études, á orientation stratigraphique, des indications, le plus souvent très partielles, concernant des édifices corralliens. Ces diverses références seront reprises plus en détail à l'occasion de l'examen de chacun des ensembles récifaux envisagés. Il a paru préférable de ne proposer en introduction qu'une vue relativement sommaire des travaux antérieurs, basée essentiellement sur l'appréciation du fait récifal.

Peu d'auteurs ont vraiment mis en évidence la nature récifale d'un certain nombre d'affleurements corralliens miocénes. En conséquence, les implications morphologiques, sédimentologiques et paléoécologiques de la présence de corps construits n'ont pratiquement jamais été évoquées, ce qui explique par ailleurs les problémes posés par les variations de faciés dans quelques régions particuliéres (Dalloni, 1915c ; Dalloni, 1952 ; S. N. Repal, 1952 ; Perrodon, 1957 ; Delfaud *et al.*, 1973) et dans certains cas les erreurs commises. Le terme même de récif n'apparaît que rarement. Pourtant Pouyanne (1877), Pomel & Pouyanne (1882) avaient signalé « ... un grand nombre de récifs côtiers á Coraux ». Mais par la suite seront préférentiellement cités des ***calcaires construits*** á Coraux et/ou à Algues, ou plus généralement des ***calcaires à Polypiers*** (Carriére, 1889 ; Gourinard, 1952 ; Sadran, 1952 ; S. N. Repal, 1952 ; Perrodon & Tempére, 1953 ; Guardia, 1975). On constate en fait que lorsque les notions de faciés récifal ou de formations récifales sont employées, elles se rapportent en premier lieu à des couches á Algues (Gourinard, 1952 ; Magné & Tempére, 1953).

Gentil (1903) observe la quasi-totalité des affleurements de « calcaires á Polypiers » du bassin de la Tafna sans jamais en tirer des conclusions quant á leur réelle signification. Perrodon (1957) attribue aux calcaires construits à Lithothamniées un rôle de récif-barriére isolant du bassin une lagune côtiére et distingue localement des « récifs á grands Polypiers ». Pouquet (1952) fait briévement allusion á des récifs frangeants á Coraux et Fenet (1975) décrit un « trottoir á Coraux ». Cependant l'importance exacte des formations récifales coralliennes n'a été soulignée que récemment. Dans une courte note Ciszak & Gonord (1976) proposent une paléogéographie du Miocéne supérieur dans le bassin de la Tafna, en considérant que les récifs corralliens frangeants soulignent les anciennes lignes de rivage.

La premiére description d'un édifice récifal et de ses composantes est le fait de Rouchy (1979 ; 1980 ; 1982a, b) qui découvre le récif á *Porites* du Djebel Murdjadjo et esquisse un schéma de l'agencement des unités sédimentaires liées au récif (complété par Rouchy *et al.*, 1982). Depuis, plusieurs publications ont apporté des éléments complémentaires, surtout d'ordre palé-

Source : MNHN, Paris

ontologique, à la connaissance des récifs messiniens d'Oranie (CHAIX & SAINT MARTIN, 1980a, b, 1984 ; FRÉNEIX *et al.*, 1987a, b, 1988 ; GUERNET *et al.*, 1984 ; MOISSETTE & SAINT MARTIN, 1982a, b, c ; SAINT MARTIN, 1982, 1984 ; SAINT MARTIN & CHAIX, 1981 ; SAINT MARTIN & MÜLLER, 1988 ; SAINT MARTIN *et al.*, 1980 ; SAINT MARTIN *et al.*, 1983 ; SAINT MARTIN *et al.*, 1985). Le développement exceptionnel des récifs coralliens est alors précisé par la découverte de nombreux affleurements nouveaux. On peut remarquer à ce propos que si, antérieurement à ces derniers travaux, les auteurs ont quelque peu négligé le phénomène récifal c'est tout simplement parce que la nature corallienne de niveaux, parfois très puissants, leur avait échappé. En effet il n'est question dans la littérature que des Polypiers dits « astréens » et il n'existe en fait que très peu de déterminations génériques de Madréporaires : *Solenastraea, Heliastraea* (POMEL, 1889). Le principal constructeur, c'est-à-dire le genre *Porites*, n'est jamais ni cité, ni même décrit au niveau de ses morphologies coloniales.

ORANIE OCCIDENTALE, RÉGION DES M'SIRDA

GENTIL (1917a, 1918a, b) a reconnu à l'extrémité nord-occidentale de l'Algérie des terrains sahéliens dont il donne la succession suivante observée près de Marsa Ben Mehidi (de bas en haut) :

* Grés grossier á galets et renfermant en abondance des Pectinidae, *Spondylus gaederopus* et *Terebratula sinuosa* ;

* Marnes blanchâtres ou grises ;

* Calcaires blancs á Polypiers et *Lithothamnium* où on récolte notamment *Alectryona plicatula* (trés certainement *Hyotissa hyotis*).

GUARDIA (1975) attribue un âge messinien, prouvé par la présence de *Globorotalia mediterranea*, á cette formation qui s'étend vers le Sud (Fig. 3) où elle repose sur un complexe andésitique miocène (BELLON *et al.*, 1984).

Des recherches personnelles effectuées de l'autre côté de la frontiére, au Maroc (El Kelaa), ont permis de retrouver en équivalence avec les marnes blanches litées, des niveaux laminés contenant des restes de Poissons et également signalés par GENTIL. L'analyse de la microfaune effectuée par WERNLI (1980) en confirme l'âge messinien.

Les affleurements de Marsa Ben Mehidi montrent donc la continuité du phénomène récifal messinien dans les bassins miocénes côtiers entre l'Algérie et le Maroc.

ORANIE OCCIDENTALE, BASSIN DE LA TAFNA

PRÉSENTATION

Le cadre géographique

Les sédiments néogénes de l'Oranie occidentale se répartissent pour une grande part autour de l'Oued Tafna issu des Monts de Tlemcen et dont le cours dans sa partie inférieure prend une orientation N-S avant de se jeter dans la Méditerranée. Les affleurements du Miocène supérieur constituent une bande assez étroite, comprise entre la Méditerranée et les collines des Sebaa Chioukh au Sud, et qui s'étend depuis la bordure du massif des Traras á l'Ouest jusqu'aux abords de la sebkha d'Oran á l'Est (Fig. 4).

Les études réalisées

Le premier grand travail synthétique consacré á cette région est l'œuvre de GENTIL (1896, 1898, 1903). Dans son importante monographie il esquisse un cadre stratigraphique et paléogéographique relativement satisfaisant en distinguant trois cycles sédimendaires miocènes : le Miocène inférieur (Cartennien), le Miocéne moyen (Helvétien + Tortonien) et le Miocéne supérieur (Sahélien). Les calcaires à Madréporaires récifaux sont intégrés dans le deuxiéme cycle (Mersat Zouanif, SW du Djebel Skouna, Dj. Keroulis et Pont de Saboune) et dans le dernier cycle (Sebaa Chioukh, Beni Ouarsous, Beni Saf-

Source : MNHN, Paris

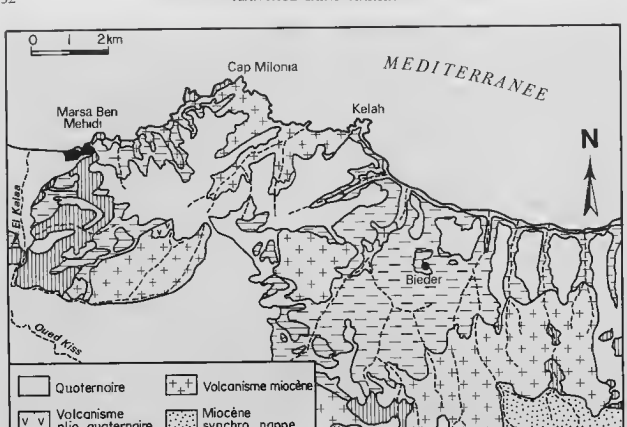


Fig. 3. — Carte des affleurements messiniens des M'sirda (d'après Guardia, 1975).

Skouna, plateaux de Sidi Safi et des Ouled ben Adda). Cependant, l'importance du fait récifal n'est pas prise en compte par Gentil, pas plus que ses aspects sédimentologiques et morphologiques. Pourtant des travaux déjà anciens (Pouyanne, 1877 ; Pomel & Pouyanne, 1882) avaient signalé la présence de « vrais récifs de Coraux » ou de « récifs côtiers » en Oranie occidentale, notamment dans les Sebaa Chioukh et en bordure des Traras.

Une vive polémique s'établit entre Gentil (1917a, b, c, 1918a, b) et Dalloni (1915a, b, c, 1917) au sujet de l'âge des formations calcaires sommitales, attribuées par Gentil au Sahélien et par Dalloni au Pliocène. La nature du point de désaccord, portant essentiellement sur la signification biostratigraphique de Mollusques, met en relief le peu de fiabilité des coupures établies sur la seule évidence des macrofaunes.

Il faudra attendre des études plus récentes pour que soit dégagés les grands traits de la sédimentation du Miocène supérieur dans le cadre plus vaste de l'évolution géodynamique de la région. Les synthèses proposées vont s'appuyer cette fois sur les données de la micropaléontologie et sur l'analyse structurale. Selon Perrodon (1957), les séries calcaires du bassin de la Tafna appartiennent à la partie supérieure du deuxième cycle miocène (formations médianes) et en partie au Miocène terminal (en correspondance avec les formations à tripolis). L'utilisation des Foraminifères planctoniques va permettre d'affiner le schéma précédent en assimilant une partie des marnes bleues et les

Source : MNHN, Paris

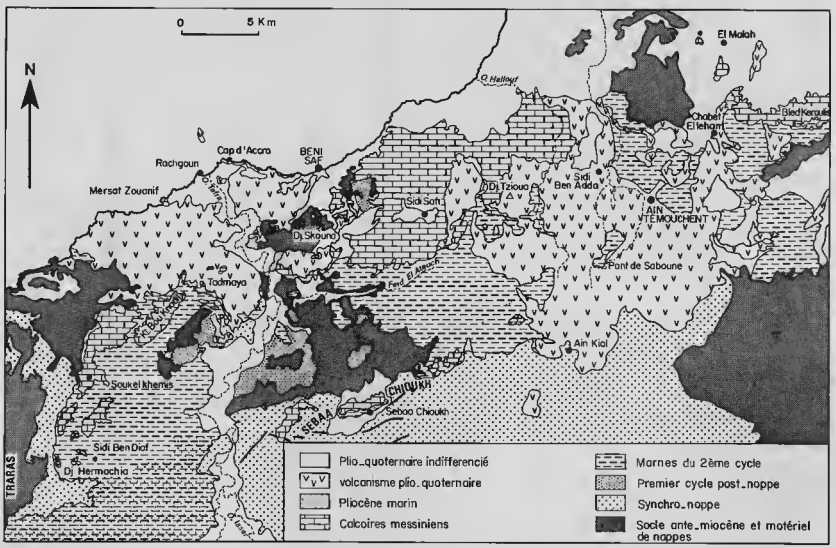


FIG. 4. — Carte géologique simplifiée d'Oranie occidentale (d'après Guardia, 1975 ; Jenny *et al.*, 1986).

Source : MNHN, Paris

calcaires sommitaux du deuxième cycle post-nappe au Messinien (GUARDIA *et al.*, 1974 ; GUARDIA, 1975 ; SAINT MARTIN *et al.*, 1983). La carte géologique élaborée par GUARDIA illustre parfaitement l'état de nos connaissances sur la géologie de l'Ouest oranais et fournit avec précision le contour des affleurements de calcaires à Algues et Madréporaires.

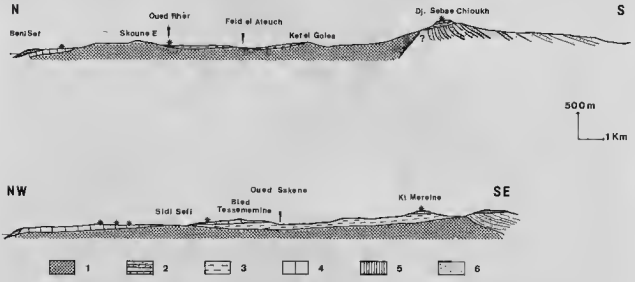
Enfin, divers auteurs ont pu donner quelques précisions supplémentaires sur les couches récifales en abordant l'étude des formations volcaniques miocènes (SADRAN, 1952 ; SADRAN, 1958 ; BELLON *et al.*, 1984) ou de niveaux plus anciens (DELAROCHE, 1962 ; JENNY *et al.*, 1986).

Très peu de travaux ont été consacrés spécialement aux organismes du Miocène supérieur de l'Oranie occidentale et encore moins aux faunes récifales. Par contre un certain nombre d'auteurs proposent des listes d'espèces caractérisant un gisement précis, une région ou tout un étage : BAYLE & VILLE (1854), VILLE (1857), GENTIL (1903), DALLONI (1915c) pour la macrofaune, PERRODON (1957), GUARDIA (1975) pour la microfaune. Plus récemment le contenu faunistique des formations récifales et pré-récifales a donné lieu à diverses notes : CHAIX (1982), FRENEIX *et al.* (1987a, b, 1988), GUERNET *et al.* (1984), MOISSETTE (1983, 1984, 1985, 1988), MOISSETTE et SAINT MARTIN (1982a, b), ROMAN & SAINT MARTIN (1987), SAINT MARTIN (1982, 1984), SAINT MARTIN & CHAIX (1981), SAINT MARTIN *et al.* (1985).

Le contexte géologique : aperçu

En Oranie occidentale, la sédimentation post-nappe est d'abord continentale, avec une série détritique assez hétérogène, et s'effectue dans des dépressions à la surface des nappes ou dans des grabens. Une phase tectonique anté-messinienne va alors affecter le matériel des nappes ainsi que les dépôts autochtones (GUARDIA, 1975).

Le bassin de la Tafna connaît ensuite un cycle sédimentaire complet caractérisant un épisode transgressif. Aux dépôts continentaux représentés par les « couches rouges de la Tafna » succèdent des niveaux laguno-marins qui ont livré une faune de Vertébrés intéressante (DALLONI, 1915a ; AMEUR, 1979). La série se poursuit par des niveaux franchement marins. Ce sont des marnes bleues à microfaune planctonique dont la partie supérieure est déjà à placer dans la zone à *Globorotalia mediterranea*. Le maximum de transgression de la mer messinienne est marqué par la conquête des points hauts (Sebaa Chioukh, Skouna, bordure des Traras) et une sédimentation calcaire à Algues Mélobésiées et Madréporaires. Les corps récifaux coralliens



1 : Substratum anté-miocène et matériel des nappes. 2 : Miocène synchro-nappe (marnes et grès).
3 : Marnes du deuxième cycle post-nappe. 4 : Formations calcaires messiniennes. * : Récifs coralliens.
5 : Formations volcaniques plio-quaternaires. 6 : Formations récentes.

FIG. 5. — Coupes à travers les formations miocènes d'Oranie occidentale.

Source : MNHN, Paris

se développent très largement à ce moment là en s'établissant soit directement sur le substrat, soit en continuité avec les termes précédents (Fig. 5). Après cette phase d'intense construction, la mer se retire du secteur et cela sans doute très rapidement ; il n'existe pas en effet, sauf très localement (marnes à Huîtres), de dépôts post-récifaux. Le synchronisme avec les événements messiniens du bassin du Chelif et la « crise de salinité » devient plus délicat à établir compte tenu de l'absence de formation évaporitique en Oranie occidentale. Le Pliocène marin ne regagne que peu d'espace, dans la partie septentrionale (cours inférieur de la Tafna) et reste très proche du rivage actuel. Les produits de l'intense activité volcanique plio-quaternaire recouvrent et masquent souvent complètement les niveaux récifaux messiniens : volcans des environs d'Ain Temouchent (Tzioua, Sidi Ben Adda), de Beni Saf, de la basse vallée de la Tafna, du plateau de Tadmaya (GENTIL, 1903 ; SADRAN, 1952, 1958).

LES SEBAA CHIOUKH

Introduction

La série de collines des Sebaa Chioukh peut être considérée comme la terminaison occidentale de la chaîne des Tessala. Son orientation WSW-ENE en est identique. Les points les plus hauts avoisinent les 600 mètres vers l'Ouest. Le relief s'infléchit assez nettement dans la partie orientale. Vers le Nord, les Sebaa Chioukh dominent la vallée du Feid el Ateuch et vers le Sud une zone d'altitude moyenne qui vient buter sur les reliefs des monts de Tlemcen.

Les principaux sommets des Sebaa Chioukh sont couronnés de barres calcaires, très visibles dans la topographie, formant de petites falaises. Ces affleurements se répartissent en quatre ensembles principaux (Fig. 6) :

— Le Djebel Tidda (580 m) : dans ce secteur occidental, limité par la vallée de la Tafna, les calcaires récifaux s'appuient en discordance sur les grés et marnes gréseuses synchro-nappes et partiellement vers le NW sur le matériel des nappes ; ils sont relativement peu développés et ne présentent en certains endroits qu'une faible épaisseur ;

— Le Djebel Sebaa Chioukh (660 m) : les affleurements les plus importants occupent l'ensemble du Djebel Sebaa Chioukh proprement dit, sur une épaisseur dépassant 50 mètres ;

— Le Djebel Douissiane (620 m) : les calcaires récifaux sont ici moins largement représentés et apparaissent au sommet d'une série marneuse ;

— Le Koudiat Meraina (480 m) : à l'extrémité orientale de la chaîne des Sebaa Chioukh, le pointement du Kt Meraina, de plus modeste dimension, recouvre et domine la vaste zone des marnes bleues qui s'étend au Nord jusqu'au plateau des Ouled ben Adda.

Les calcaires construits reposent sur des terrains d'âge et de nature diverses : formations secondaires considérées comme appartenant au matériel des nappes, marnes et grés attribués à l'Éocène (GENTIL, 1903), au Miocène inférieur (PERRODON et TEMPÈRE, 1953) puis au Miocène moyen synchro-nappe (GUARDIA, 1975) et enfin marnes messiniennes.

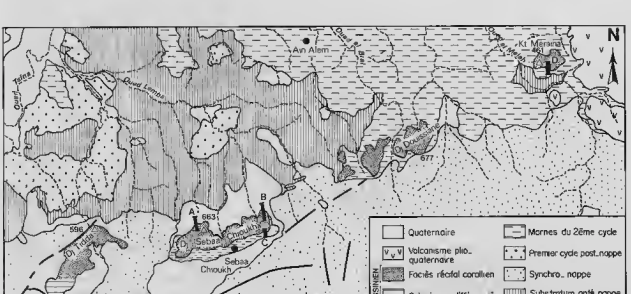
Reconnus depuis longtemps, les calcaires récifaux des Sebaa Chioukh ne donnent lieu qu'à des descriptions relativement imprécises. Il est fait mention de « calcaires concrétionnés à Polypiers » (POMEL & POUYANNE, 1882), de « calcaire à *Lithothamnium* (...) surtout caractérisé par l'abondance des Polypiers » (GENTIL, 1903) et plus généralement de calcaires à Algues et à Polypiers. Le fait récifal semble très peu pris en considération par les auteurs. POUYANNE (1877) signale cependant comme une particularité la « ... présence d'un plus ou moins grand nombre de récifs côtiers formés par des calcaires fossilifères... ». POUQUET (1952) évoque des « récifs frangeants de Coraux ». Enfin, dans une courte note CISZAK & GONORD (1976) assimilent les formations sommitales calcaires à un important complexe récifal frangeant où s'individualisent « biohermes et biostromes » avec, dans les Sebaa Chioukh trois « séquences récifales ».

Le cadre stratigraphique a pu être précisé par les travaux de GUARDIA (1975), à la suite de l'examen des microfaunes. Il livre par ailleurs une liste d'Ostracodes et de Foraminifères (intégrée dans le tableau 2), provenant des calcaires à Polypiers des Sebaa Chioukh.

Les données concernant le contenu paléontologique sont très succinctes. POMEL (1889) évoque des Polypiers astréens. Les auteurs se contentent en général de mentionner la présence de Polypiers sans les nommer. Cependant J.-P.

Source : MNHN, Paris

CHEVALIER avait pu examiner des échantillons de Madrèporaires récoltés par CISZAK et GONORD (communication personnelle) ; il avait reconnu *Tarbellastraea* cf. *reussiana*, *Porites* sp., *Platygyra siciliae*. Quelques indications sur la faune d'accompagnement sont fournies par GENTIL (1903) : *Ostrea lamellosa*, *Ostrea barroisi* pour les marnes de base et *Pecten besseri*, *Pecten pes-felis*, *Pecten* sp., *Ostrea lamellosa* pour les calcaires. DALLONI (1915a) cite *Pecten jacobeus*, *Aequipecten scabrellus*, *Manupecten pes-felis*, *Ostrea lamellosa*.


N
An Alem
Kt Mansour
Tbeet
Ouad Lmsis
Ouad Lmsis
Ouad Lmsis

6. Barre biodétritique calcaire à terriers.

5. Retour des constructions coralliennes marqué par une surface de discontinuité bien apparente. Il s'agit à la base d'un niveau à colonies de *Porites* lobées et remplissage marneux. Des grosses colonies massives de *Tarbellastraea* apparaissent et l'ensemble présente alors un bel exemple de développement colonial avec des grandes gerbes de *Porites* en bâtons enveloppant des boules de dimension métrique constituées de *Porites* lamellaire (*P. calabricae*) et de *Tarbellastraea*.

4. Niveau à *Tarbellastraea* en petites boules dans une matrice calcaire, biodétritique comportant des Algues encroûtantes et des Huîtres et précédant un ensemble biodétritique à fragments d'organismes divers (nombreux radioles d'Échinides). En fait ces corps de calcaire biodétritique, renfermant quelques rares colonies de Coraux, affectent le plus souvent une forme lenticulaire et représentent des poches, plus ou moins étendues, discontinues où se sont accumulés les produits de démantèlement du récif.

3. Nouvelle séquence séparée de la précédente par une surface de discontinuité assez nette. A la base un niveau d'une vingtaine de cm d'épaisseur montre de nombreuses colonies plates et laminaires de *Porites*. Puis, à partir d'un banc à *Porites* et *Tarbellastraea*, se développe une belle construction à grandes gerbes de ces mêmes Coraux.

2. Ensemble marneux à constructions essentiellement assurées par des *Porites* « en doigts » formant des gerbes de colonies, la trame demeurant relativement lâche. Un niveau plus dur, plus calcaire termine cet épisode.

1. Barre construite montrant à la base un niveau d'installation à *Porites* « en doigts », aux colonies lobées, denses, dans une matrice marneuse. Les ensembles coloniaux y apparaissent obliques et les colonies généralement aplaties. Vers le sommet, la sédimentation devient plus calcaire et les colonies de *Porites* prennent un peu plus d'ampleur.

0. Marnes grisâtres (peu visibles).

FIG. 7. — Les niveaux récifaux sous le Signal de Sebaa Chioukh.

A l'extrémité orientale de l'ensemble (Fig. 8) on peut observer plus particulièrement l'évolution des constructions depuis une carrière ouverte à proximité du village au Sud (Fig. 10) jusqu'au rebord septentrional (Fig. 9).

La confrontation de toutes les observations effectuées tout au long de l'ensemble récifal du Djebel Sebaa Chioukh permet donc de dégager quelques traits liés à la zonation du complexe récifal, la partie méridionale représentant la zone interne et le rebord septentrional le front récifal tourné vers le bassin :

* Installation directement sur le substrat synchro-nappe (Djebel Tidda) ou par l'intermédiaire d'un niveau marneux peu épais au Sud ; développement récifal au sein d'une série marneuse localement épaisse vers le Nord ;

* Épaississement des niveaux construits du Sud vers le Nord ;

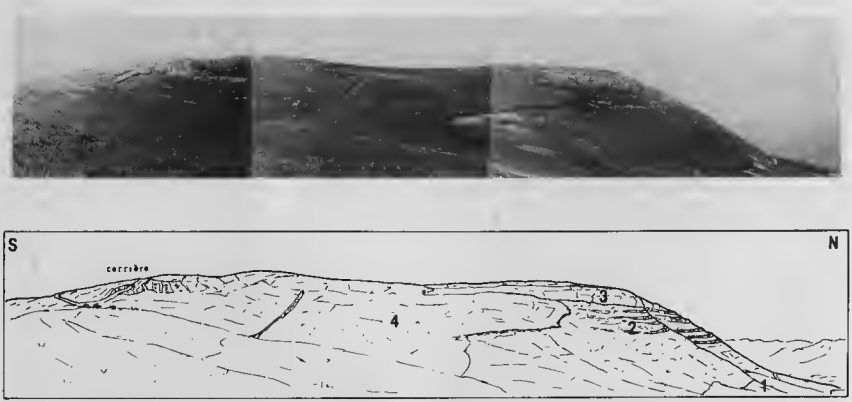
* Concentration d'Algues en débris au sein d'un niveau de calcaire bioclastique vers le Nord ;

* Présence de corps biodétritiques à Hétérostégines sur le rebord septentrional.

Les constructions coralliennes

Dans tous les cas, *Porites lobatosepta* est l'espèce colonisatrice. Ses colonies digitées carac-

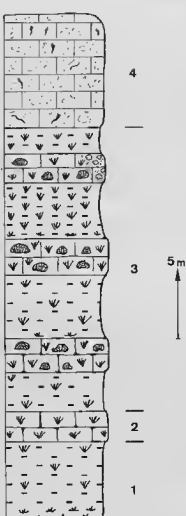
Source : MNHN, Paris



1 : Marnes à colonies isolées de *Porites*. 2 : Succession de niveaux construits.
3 : Calcaire biodétritique bioturbé à accumulations locales d'Hélérostégines. 4. Marnes ennoyant latéralement le récif.

FIG. 8. — Panorama de l'extrémité orientale du Djebel Sebaa Chioukh.

Source : MNHN, Paris



4 Calcaire microvacuolaire, apparemment dépourvu de constructions coralliennes, montrant d'importantes bioturbations sous forme de terriers et pistes de grande taille. On y trouve peu de coquilles entières (*Barbatia barbata, Cérithes...*). Il s'agit surtout d'un ensemble biodétritique où l'on peut signaler la présence d'accumulations locales d'Hétérostégines.

3. Succession de niveaux marneux où se développent des colonies de *Porites lobatosepta*, en gerbes parfois assez denses et de niveaux calcaires à *Porites* et *Tarbellastraea*. Les barres plus calcaires apparaissent nettement en relief dans la topographie. Le dernier banc comporte des belles boules de *Tarbellastraea* et se charge vers le Nord en algues et débris d'organismes divers.

2. Barre construite calcaire ne renfermant que des colonies lobées de *Porites*.

1. Colonies en gerbes de *Porites lobatosepta* noyées dans des marnes caractérisant la base de l'installation récifale.

0. Marnes.

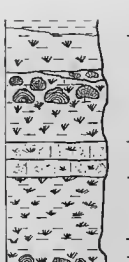
FIG. 9. — Extrémité NE du Djebel Sebaa Chioukh.

térisent ce stade d'installation et leur densité dépend de l'importance de l'apport argileux. Les bâtons peuvent se disposer en gerbes plus ou moins élargies et développées en hauteur. Certains niveaux, marquant en général la reprise d'un épisode construit, renferment des colonies plates, lobées, quelquefois franchement laminaires, disposées sur un plan oblique ou même horizontal.

Quand les apports fins se raréfient, apparaissent d'autres formes constructrices. Ainsi, les colonies de *Tarbellastraea* constituent de grosses masses hémisphériques (« heads ») atteignant ou dépassant 1 m de diamètre ; peuvent également se présenter de beaux ensembles réalisés par la coalescence de colonies colonnaires. En général *Porites calabricae*, espèce aux larges lamelles superposées, forme des boules hémisphériques assez semblables à celles dues à *Tarbellastraea* et dans certains cas des colonnes verticales plus ou moins élevées. Plus rarement se rencontrent des colonies d'*Acanthastrea* ou de *Siderastraea*.

La densité des colonies est dans certaines barres particulièrement forte, ne laissant que peu de place au remplissage. La compétition se manifeste par une croissance différentielle des diverses formes coralliennes. Ainsi les colonies de *Porites* digitées parviennent à englober complètement les autres colonies massives en les débordant littéralement.

Source : MNHN, Paris



6. Marnes à colonies éparses de *Porites* en doigts.

5. Ensemble construit à grandes colonies massives de *Tarbellastraea* entourées par d'abondantes colonies en gerbes de *Porites*. Dans les dépressions se sont déposées des marnes contenant localement des accumulations d'Huîtres (*Ostrea lamellosa*).

4. Niveau de calcaire biodétritique á colonies éparses de *Porites*.

3. Colonies trés denses de *Porites lobatosepta* dans un sédiment marneux. Localement se rencontrent quelques colonies de *Tarbellastraea* ou de *Porites calabricae*.

2. Passée marneuse.

1. Construction à *Porites* en bâtons, *Porites* lamellaire et *Tarbellastraea*.

FIG. 10. — Les constructions de la carriére de Sebaa Chioukh.

La faune récifale

Une étude détaillée des constructions coralliennes et du contenu paléontologique a pu être réalisée au niveau de la carrière de Sebaa Chioukh (CHAIX *et al.*, 1986 ; GUERNET *et al.*, 1984 ; MOISSETTE, 1983, 1984, 1985, 1988 ; MOISSETTE & SAINT MARTIN, 1982a, b ; SAINT MARTIN *et al.*, 1980 ; SAINT MARTIN *et al.*, 1985). Les résultats en sont fournis dans le tableau 2. La signification et l'interprétation de ces données seront discutées plus amplement dans les pages consacrées à l'écosystème récifal. Signalons toutefois l'abondance de la microfaune benthique et plus particulièrement des Miliolidae dans le remplissage marneux intercolonial et la présence conjointe de plusieurs espèces de Balanidae attachées au substrat corallien. L'ensemble de la faune recueillie témoigne bien du double aspect de l'environnement : présence de supports solides utilisés par les organismes épilithes et cavitaires et permanence d'apports terrigènes alimentant un remplissage meuble utilisé par divers fouisseurs.

TABLEAU 2. — Faune récifale de Sebaa Chioukh (carriére).

FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES	
Globigerina bulloides	*Orbulina universa*
Globigerina sp.	*Orbulina suturalis*
FORAMINIFÈRES BENTHIQUES	
Textularia pseudorugosa	*Cibicides lobatulus*
Spiroloculina dilatata	*Planorbulina mediterranensis*
Adelosina pulchella	*Rotalia granulata*
Quinqueloculina triangularis	*Ammonia beccarii*
Cycloforina cf. *candeiana*	*Ammonia punctato-granosa*
Cycloforina cf. *rugosa*	*Elphidium* cf. *advenum*
Pyrgo bulloides	*Elphidium crispum*
Triloculina cf. *marioni*	*Elphidium fichtelianum*
Triloculina tricarinata	*Elphidium macellum*
Triloculina trigonula	*Elphidium* cf. *complanatum*
Reussela spinulosa	*Elphidium* aff. *decipiens*
Discorbis globularis	*Heterostegina* sp.
Cancris auriculus	*Nonion boueanum*
Cancris sagra communis	*Nonion commune*
Cymbaloporetta sp.	*Heterolepa simplex*
Cibicides boueanus	

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 2. — (*Suite*).

OSTRACODES	
Cytherella sp.	*Pachycaudites H-scripta*
Bairdia sp.	*Acanthocythereis hystrix*
Cytheridea acuminata	*Urocythereis* sp.
Cyprideis sp.	*Hermanites* aff. *haidingeri*
Gen. 1 sp.	*Costa?* sp.
Senesia? aff. *triangularis*	*Ruggiera tetraptera*
Mutilus sp.	*Krithe* sp.
Mutilus gr. *retiformis*	*Loxoconcha* sp.
Mutilus gr. *cymbaeformis*	*Xestoleberis* sp.
Quadracythere sp. 1	*Gen. 2* sp.
Tenedocythere salebrosa	*Gen. 3* sp.
Pachycaudites ungeri	
MADRÉPORAIRES	
Tarbellastraea cf. *reussiana*	*Porites lobatosepta*
Palaeoplesiastraea (?) sp.	*Porites calabricae*
Siderastraea sp.	*Balanophyllia* sp.
Acanthastrea sp.	
BRYOZOAIRES	
Tubulipora sp.	*Umbonula monoceros*
Diaperoecia major	*Shizoporella longirostris*
Plagioecia cf. *sarniensis*	*Escharina vulgaris*
Lichenopora cf. *echinulata*	*Schismoporella aculifera*
Lichenopora cf. *grignonensis*	*Schizomavella linearis*
Aplousina bobiesi	*Microporella ciliata*
Antropora sp.	*Schizotheca fissa*
Calpensia nobilis	*Celleporina costazi*
Cribrilaria radiata	*Myriapora truncata*
Figularia figularis	
BIVALVES	
Barbatia barbata	*Anomia ephippium*
Barbatia subhelbingi	*Ostrea lamellosa*
Striarca lactea	*Ostreola stentina*
Botula fusca	*Hyotissa hyotis*
Lithophaga lithophaga	*Diplodonta rotundata*
Gregariella aff. *neuvillei*	*Chama gryphoides*
Chlamys pusio	*Plagiocardium papillosum*
Chlamys pusio (forme fixée)	*Gastrana fragilis*
Chlamys linguafelis	*Venus multilamella*
Aequipecten seniensis	*Pelecyora islandicoides*
Pecten aduncus	*Dosinia exoleta*
Spondylus gaederopus	*Lajonkairia rupestris*
Lima lima	*Hiatella arctica*
Limaria tuberculata	*Jouannetia tournoueri*
GASTÉROPODES	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Epitonium* sp.
Clanculus cf. *cruciatus*	*Strombus coronatus*
Astraea sp.	*Trivia* sp.
Nerita emiliana martiniana	*Cypraea* sp. 1 (grande forme)
Littorina (?) sp.	*Cypraea* sp. 2
Rissoa sp. 1	*Cymatium affine*
Rissoa sp. 2	*Columbella* cf. *fallax*
Alvania sp. 2	*Oliva* sp. 1 (grande forme)
Architectonica sp.	*Oliva* sp. 2
Turritella unicarinata	*Conus* cf. *mercati*
Turritella subarchimedis	*Conus vindobonensis*
Turritella cf. *terebralis*	*Conus* sp.
Turritella sp.	cf. *Terebra fuscata*

Source : MNHN, Paris

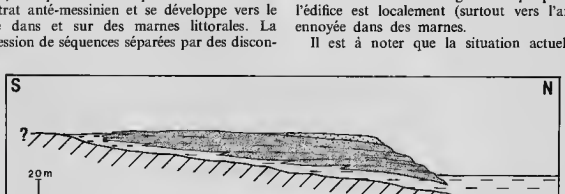
TABLEAU 2. — (*Suite*).

Vermetus sp.	*Terebra (?)* sp.
Thericium vulgatum	*Cylichnina* sp.
Cerithiella cf. *exbicarinata*	Helicidae ?
Triphoridae	Perforations attribuables à des Naticidae
ÉCHINODERMES	
Échinides :	
Arbacina sp.	*Psammechinus (?)* sp.
Schizechinus duciei	*Clypeaster* sp.
Ophiuridae : nombreuses pièces brachiales	
CRUSTACÉS	
Cirripèdes Balanidae :	
Creusia oraniensis	*Balanus perforatus*
Balanus concavus	*Balanus amphitrite*
Décapodes :	
Dromia neogenica	Nombreux articles divers
DIVERS	
Spongiaires : *Jereica*	« Becs » de Céphalopodes
Serpulidae	Poissons : *Sinodontaspis* cf. *acutissima*
Brachiopodes : *Argyrotheca* cf. *neapolitana*	nombreux otolithes

Le complexe récifal : interprétation et discussion

Le Djebel Sebaa Chioukh présente un complexe récifal délimité de forme elliptique, dont l'extension latérale est d'ordre plurikilométrique et dont la largeur ne dépasse pas quelques centaines de mètres (Fig. 11). Cet ensemble s'est installé sur une zone haute, préfigurant l'actuel relief ; il repose dans sa partie interne sur le substrat anté-messinien et se développe vers le large dans et sur des marnes littorales. La succession de séquences séparées par des discontinuités et caractérisées par la rythmicité des apports terrigènes fins suggère la mise en place d'un complexe récifal au cours d'un mouvement transgressif. La constitution d'un front récifal avec une barre à Mélobésiées et un talus biodétritique très réduit n'intervient que vers le sommet, lors d'une stabilisation du niveau marin et d'une interruption ou plutôt d'une atténuation de la sédimentation terrigène. La périphérie de l'édifice est localement (surtout vers l'arrière) ennoyée dans des marnes.

Il est à noter que la situation actuelle du



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Marnes laguno-marines. 3 : Marnes marnes. 4 : Complexe récifal corallien. 5 : Calcaire biodétritique à Hétérosiégines. 6 : Marnes à Huîtres.

FIG. 11. — Schéma interprétatif du complexe récifal du Djebel Sebaa Chioukh.

Source : MNHN, Paris

dispositif récifal et son agencement, ainsi que l'absence de tout faciès détritique littoral caractérisé, laissent supposer que l'édification s'est réalisée sur un haut-fond à quelque distance du rivage de la mer messinienne. Or selon la plupart des auteurs, on ne retrouve pas vers le Sud des dépôts du Miocène terminal ; les reconstitutions paléogéographiques font en général coïncider la ligne de récifs avec celle du rivage messinien, ce qui ne paraît pas toutefois entièrement satisfaisant.

Le Koudiat Meraina

Situé dans la partie orientale de la chaîne des Sebaa Chioukh, à l'Ouest d'Ain Kial (Fig. 5), le Koudiat Meraina apparaît couronné de barres calcaires. La structure en est identique à celle du Djebel Sebaa Chioukh (Fig. 12).

Sur le flanc nord, l'ensemble des barres construites se superpose à une série marneuse épaisse, qui s'étale largement jusqu'au plateau de Sidi Safi (Fig. 5).

La faune recueillie s'apparente à celle de Sebaa Chioukh avec des Bivalves (*Lithophaga lithophaga, Ostreola stentina, Hyotissa hyotis, Jouannetia tournoueri*), des Gastéropodes (*Haliotis* cf. *tuberculata, Cypraea* sp.) et des Balanidae (*Balanus, Creusia oraniensis*).

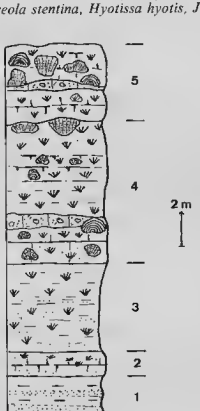


FIG. 12. — La formation récifale du Koudiat Meraina.

5. Barre sommilale aux constructions denses reposant sur un niveau à *Porites* en bâtons. Des lentilles de calcaire biodétritique intercalées renferment des Mélobésiées.

4. Ensemble construit montrant une alternance de bancs à *Porites* et *Tarbellastraea* et de niveaux lendres marneux à *Porites lobatosepta* dominant. Des lentilles de matériel biodétritique viennent s'intercaler entre les niveaux coralliens. Vers le haut se développent de grandes colonies massives de *Tarbellastraea* et de *Porites* lamellaire.

3. Marnes sableuses à colonies de *Porites* digitées en gerbes.

2. Niveau gréseux assez induré dans lequel s'individualisent des constructions désordonnées à *Porites* surtout et plus rarement *Tarbellastraea*.

1. Alternance marno-gréseuse.

Les affleurements du Pont de Saboune

La chaîne des Sebaa Chioukh s'infléchit nettement dans son secteur oriental, dans les environs d'Ain Kial. Toute cette région a connu au Plio-quaternaire une intense activité volcanique dont les produits, épanchements de laves ou accumulations cinéritiques, masquent en général les formations miocènes. Seule une bande de ces terrains miocènes affleure, au Sud d'Ain Temouchent, sur la rive droite de l'oued Senane, à proximité du Pont de Saboune (Fig. 35).

On ne rencontre que très peu d'indications dans la littérature sur les gisements du Pont de Saboune, remarquables pourtant par l'excellente conservation des Madréporaires. GENTIL (1903) décrit une formation helvétienne, marno-gréseuse renfermant : *Cerithium pictum, Cardium* gr. *edule, Lithodomus, Venus*, des Bryozoaires et des Polypiers. Il s'agit là, pour cet auteur, d'une association de formes saumâtres et marines. Ce propos est par ailleurs repris par DALLONI (1915a). GUARDIA (1975) assimile cette formation aux marnes messiniennes du deuxième cycle post-nappe.

Plusieurs affleurements bien dégagés sur la rive droite de l'oued Senane permettent de lever une coupe intéressante à partir des grès du miocène moyen « synchro-nappe » visibles un peu au dessus du niveau de l'oued (Fig. 13).

Source : MNHN, Paris

7. Banc de grès peu consolidé avec quelques traces de bioturbation (terriers). Le tout est recouvert par des produits du volcanisme plio-quaternaire.

6. Marnes à grosses coquilles d'Huîtres et colonies de *Porites* plus ou moins serrées. La sédimentation devient plus argileuse vers le sommet, mais les Huîtres y demeurent toujours présentes. Les colonies de *Porites* s'espacent alors très nettement et finissent par disparaître.

5. Ensemble bien contruit à *Porites* et Huîtres avec un remplissage marneux. De très beaux assemblages coloniaux, en gerbes souvent inclinées, assurent une construction assez dense.

4. Niveau marno-calcaire rognoneux, bioturbé se chargeant de coquilles de Cérithes vers le haut.

3. Marnes jaunâtres à Cérithes et Huîtres dispersées. Des colonies de *Porites lobatosepta* très bien conservées y sont également disséminées.

2. Banc calcaire à Cérithes, Huîtres, Algues calcaires, débris roulés de *Porites lobatosepta*. Vers le sommet apparaissent quelques colonies digitées.

1. Marnes à passées sableuses. La faune recueillie indique un milieu vasicole peu profond où vivaient de nombreuses Huîtres (*Ostrea lamellosa*) souvent accolées en groupes compacts d'individus.

0. Grès du miocène moyen.

FIG. 13. — La formation récifale du Pont de Saboune.

Les observations réalisées sur les affleurements du Pont de Saboune fournissent une excellente illustration de l'installation d'un épisode récifal dans un environnement turbide. Le jeu des apports argileux règle le type des constructions et la croissance corallienne. Cette sédimentation terrigène fine perturbe l'édification de manière presque constante et peut même interrompre l'activité corallienne. Ici elle finit par ennoyer l'ensemble récifal. *Porites lobatosepta*, seule espèce corallienne représentée, développe de très belles constructions en gerbes pour la plupart, assez nettement inclinées. Dans certains cas, les colonies en bâtons deviennent pratiquement horizontales ; elles sont alors beaucoup plus plates et ne développent que peu de digitations.

Parmi les organismes associés aux Madréporaires dominent des Huîtres (*Ostrea lamellosa*), quand le sédiment est marneux, et des Cérithes (*Thericium vulgatum*). Ces dernières constituent de belles accumulations. Parfois étroitement liées aux colonies coralliennes, elles représentent l'essentiel du remplissage intercolonial. Les associations de Foraminifères indiquent un milieu très littoral avec uniquement des formes benthiques (*Sinuloculina consobrina, Cycloforina contorta, Ammonia beccarii, A. punctato-granosa, Elphidium macellum, E. subumbilicatum, E. minutum, Protelphidium granosum*).

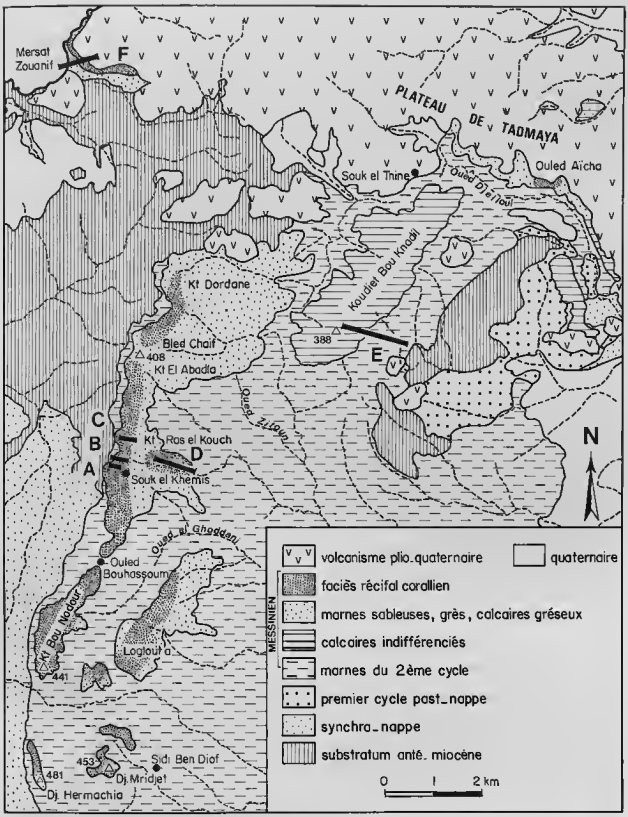
Les niveaux marneux de base comportent en plus des Huîtres une faune bien typique d'un environnement vaseux peu profond (*Nucula, Turritella...*).

Les Beni Ouarsous

Introduction

Les Traras constituent un massif important qui limite à l'Ouest le bassin de la Tafna. En bordure de cette chaîne, en regard des sommets des djebels Gorina et Sidi Sofiane, se développe une suite de reliefs moyens (300 à 400 m d'al-

Source : MNHN, Paris



A : Fig. 16. B : Fig. 15. C : Fig. 17. D : Fig. 19.
E : Fig. 22. F : Fig. 24.

Fig. 14 — Carte de répartition des faciès miocènes dans les Beni Ouarsous (d'après Guardia, 1975).

Source : MNHN, Paris

titude) dont l'orientation est grossièrement N-S et qui font la transition entre les Traras à l'Ouest et la vallée de la Tafna à l'Est. Ces collines présentent sur les sommets et les crêtes, comme dans les Sebaa Chioukh, des affleurements de barres calcaires (très visibles le long de la route CW 103), plus ou moins continus, parfois réduits à un simple liseré. On les suit depuis les environs de Sidi ben Diaf, vers le Sud (Djebel Hermachia, Djebel Mridjet, Kt Bou Nadour, Lagtouta) jusque vers Souk el Tnine, au Nord (Fig. 14). Mais les meilleures conditions d'observation sont réunies autour du village de Souk el Khemis.

Les gisements récifaux de la bordure orientale des Traras ont été assimilés par tous les auteurs à ceux des Sebaa Chioukh et souvent traités ensemble. PERRODON (1957) note le passage progressif au Miocène supérieur des couches continentales aux formations marines au Djebel Hermachia et au Kt Bou Nadour. GUARDIA (1975) précise la succession et la datation des différents niveaux : aux formations de base, détritiques à éléments provenant des reliefs proches des Traras, succèdent d'abord des marnes bleues typiques à microfaune benthique et pélagique puis des calcaires construits à Algues et Polypiers dont la base a fourni une microfaune du Messinien. Pour CISZAK et GONORD (1976) les récifs de la bordure des Traras marquent la limite occidentale d'un « golfe » messinien de la Tafna.

Au point de vue paléontologique, les données précises sont rares. GENTIL (1903) signale, outre les Polypiers, la présence de nombreux moules indéterminables de Bivalves et de Gastéropodes et cite *Ostrea lamellosa*.

Les affleurements récifaux au Sud de Souk el Khemis

En face du village de Sidi Ben Diaf, le Djebel Mridjet (453 m) est entièrement occupé par des barres récifales. A la base, un puits nouvellement creusé montre une marne sableuse jaune à microfaune rare, plus ou moins remaniée, seulement composée de Foraminifères benthiques (*Ammonia, Elphidium, Cibicides*), indiquant un milieu peu profond, littoral. Les premiers bancs récifaux sont constitués essentiellement par des colonies en gerbes de *Porites lobatosepta*. Selon l'importance des apports argileux, ces bancs sont plus ou moins compacts ; ils sont superposés les uns aux autres et déterminent en topographie une structure en escalier déjà décrite au Djebel Sebaa Chioukh. Dans l'ensemble se développent des colonies massives de *Tarbellastraea*, plus particulièrement vers le haut. Au sommet de la construction, de nouveau ce sont les *Porites* en doigts qui dominent.

A l'W du Djebel Mridjet, le Djebel Hermachia (481 m) présente une disposition analogue. D'après PERRODON (1957), au dessus des niveaux continentaux de la base du deuxième cycle post-nappe, des horizons à *Cerithium, Nerita* et *Ostrea crassissima* marquent le passage à des marno-calcaires franchement marins à Bryozoaires où l'on peut récolter *Aequipecten seniensis, Pecten benedictus, Flabellipecten incrassatus* et *Arca turonica*.

Plus au Nord, la route CW 103 passe entre deux collines également couronnées de calcaire corallien. Au Kt bou Nadour (441 m), un poudingue à éléments du socle secondaire sert localement de support à l'installation récifale. Le long de la route, au niveau de Lagtouta, divers affleurements permettent de suivre l'évolution de la sédimentation. A la base on observe des marnes sableuses pauvres en organismes (quelques Foraminifères benthiques). Au dessus, dans des marnes sombres sont réunis des éléments épars de *Porites, Tarbellastraea* et des galets du socle. Plus haut, s'organisent des bouquets de colonies digitées de *Porites lobatosepta*. Dans les espaces intercoralliens sont accumulées localement de grandes quantités de petits Gastéropodes (Cerithidae). En remontant la colline de Lagtouta, les constructions deviennent plus cohérentes et forment des bancs métriques. Vers le sommet (380 m) abondent les colonies en boules de *Tarbellastraea* et dans une moindre mesure de *Porites calabricae*.

Vers Souk el Khemis, près d'Ouled Bouhassoum, se remarquent d'autres affleurements aux caractéristiques identiques. Une tranchée sous la route permet de retrouver à la base de la formation récifale des marnes sableuses jaunes.

Le récif de Souk el Khemis

Le village de Souk el Khemis se situe approximativement au milieu de la ligne de crêtes qui constitue la bordure orientale des Traras. Il est établi sur des niveaux de calcaire corallien qui a

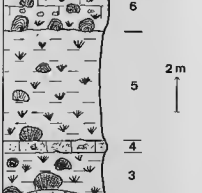
Source : MNHN, Paris

fourni une pierre de construction abondamment utilisée. Les affleurements récifaux se répartissent le long de la crête d'orientation N-S parallèlement à la chaîne des Traras, selon une bande assez étroite bien marquée en topographie par des petites falaises.

Le rebord occidental

Sur le versant occidental du Kt Ras el Kouch, en regard du Djebel Sidi Sofiane, un ravineau permet d'établir une coupe dans l'édifice (Fig. 15). On y observe la succession de niveaux construits dont les caractéristiques sont réglées par l'importance des apports argileux. Vers la base, une lentille de calcaire biodétritique renferme de nombreux débris de Pectinidae, de Gastéropodes et des radioles d'Échinides, mais montre surtout de grandes pistes ramifiées.

La colonisation du milieu par les Madréporaires est particulièrement mise en évidence à la faveur d'une tranchée creusée sous le village (Fig. 16).



7. Niveau construit à *Porites* en doigts et colonies massives de *Tarbellastraea* et *Porites* lamellaire. On note l'abondance des Mélobésiées dans le remplissage.

6. Barre de calcaire biodétritique à débris de coquilles indéterminables et d'Algues. Quelques grandes colonies de *Porites calabricae* se développent surtout vers la base de la barre.

5. Colonies de *Porites* digitées et de *Tarbellastraea* en boules, dans un sédiment marneux.

4. Petit banc de calcaire biodétritique.

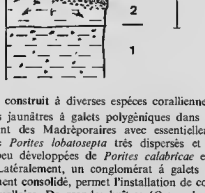
3. Constructions à *Porites lobatosepta* en bâtons et *Tarbellastraea* aux colonies massives, bien circonscrites.

2. Calcaire biodétritique assez grossier se présentant en lentille allongée et passant latéralement à des constructions à *Porites lobatosepta* et *Porites calabricae*. A la base se remarquent de fines stratifications obliques, d'échelle centimétrique.

1. Marnes jaunâtres à colonies en bâtons isolées de *Porites*.

0. Marnes brunes à galets provenant des Traras et microfaune remaniée du Crétacé et du Paléogène.

FIG. 15 — Rebord occidental du Kt Ras el Kouch.



3. Niveau construit à diverses espèces coralliennes.

2. Marnes jaunâtres à galets polygéniques dans lesquelles apparaissent des Madréporaires avec essentiellement des bâtons de *Porites lobatosepta* très dispersés et quelques colonies peu développées de *Porites calabricae* et *Tarbellastraea*. Latéralement, un conglomérat à galets du socle, moyennement consolidé, permet l'installation de colonies de *Porites* lamellaire. De grandes huîtres (*Ostrea lamellosa*) y sont très abondantes. On remarque que ces niveaux présentent un pendage assez net vers l'Ouest mettant en évidence le paléorelief.

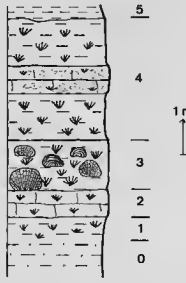
1. Marnes brunes, à galets arrondis et galets mous.

FIG. 16. — Colonisation récifale à Souk el Khemis (versant ouest).

Le talus de la route d'Honaine montre de manière très spectaculaire l'agencement de la construction, les relations entre les diverses espèces coralliennes et la dynamique de leur croissance. Vers la base, la sédimentation encore nettement argileuse ne permet la présence que de colonies disséminées. L'activité corallienne est d'ailleurs franchement interrompue par des apports marneux plus importants. Puis après une recolonisation du milieu, assurée par *Porites lobatosepta*, se développe un ensemble construit où sont imbriquées des gerbes diversement orientées de *Porites lobatosepta* aux colonies digitées, lobées, subdendroïdes et des colonies massives volumineuses, hémisphériques de *Po-*

Source : MNHN, Paris

rites calabricae et de *Tarbellastraea* et plus rarement d'*Acanthastrea*. La densité de la construction est telle que le remplissage est très réduit. Les Madréporaires sont souvent encroûtés de Mélobésiées. Il subsiste cependant dans cette masse quelques poches marneuses contenant une microfaune de Foraminifères benthiques, assez mal conservée. L'orientation des ensembles coloniaux en bouquets de *Porites lobatosepta* peut varier sensiblement le long de l'affleurement, soit latéralement, soit verticalement. En général, les colonies en doigts semblent envelopper les masses arrondies de *Porites*



5. Marnes à *Ostrea lamellosa* ennoyant les constructions et à microfaune benthique pauvre, très littorale (*Elphidium, Ammonia, Cibicides*).

4. Niveau construit à gerbes de *Porites lobatosepta* dans un sédiment marneux. Une petite barre de calcaire biodétritique à pistes et terriers s'intercale et renferme quelques colonies de *Porites*, des débris de coquilles de Pectinidés, de lithophages, des Échinides (*Clypeaster*, radioles), et des restes de Décapodes (*Daira speciosa*).

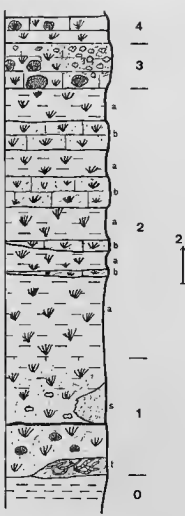
3. Masse récifale édifiée par plusieurs espèces de Madréporaires : *Porites lobatosepta, Porites calabricae, Tarbellastraea, Acanthastrea, Palaeoplesiastraea*...

2. Barre calcaire à colonies isolées de *Porites* dans un sédiment biodétritique.

1. Marnes sableuses à colonies de *Porites lobatosepta* dispersées vers le bas, de plus en plus denses vers le haut.

0. Marnes sableuses jaunes à microfaune benthique et pélagique abondante. La présence du Foraminifère *Globorotalia mediterranea* confirme l'attribution du complexe récifal au Messinien (Tabl. 3).

FIG. 17. — La carrière de Souk el Khemis.



4. Construction à *Porites* et *Tarbellastraea*.

3. Barre bien visible dans la topographie, très chargée en Mélobésiées, présentant des constructions à *Tarbellastraea*.

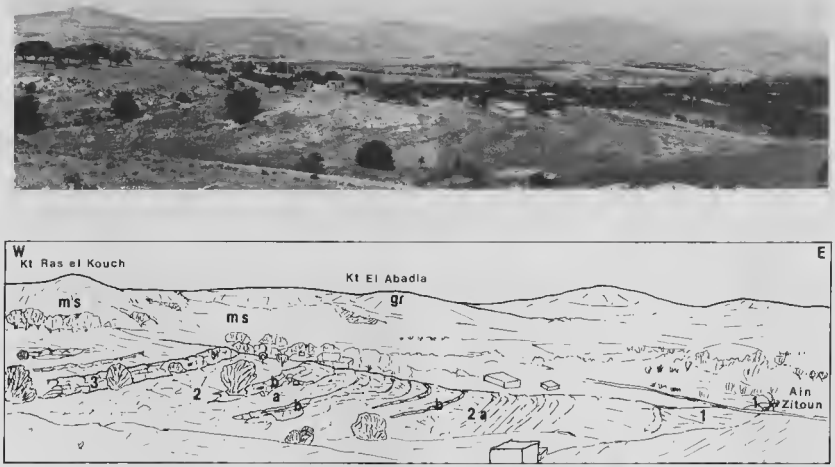
2. Alternance de niveaux marneux (a) à bouquets de colonies digitées de *Porites* dans un sédiment marneux et de niveaux plus durs, plus calcaires (b) mais toujours à *Porites*.

1. Masse construite essentiellement à *Porites*, mais renfermant de nombreuses petites colonies arrondies de *Tarbellastraea*. La construction montre des discontinuités nettes matérialisées par des lisérés marneux bruns. Latéralement on note des poches d'accumulation de sable corallien (s). Vers la base, dans un sédiment biodétritique, s'observe un curieux niveau bioturbé constitué principalement de nombreux «terriers» (t) allongés, contournés, et qui se recoupent. Chacun de ces terriers est séparé en plusieurs tronçons nettement séparés, dénotant une activité discontinue des organismes fouisseurs qui en sont à l'origine.

0. Marnes bleues.

FIG. 18. — Rebord oriental du Kt Ras el Kouch (Ain Zitoun).

Source : MNHN, Paris



1 : Constructions à *Porites* (Aïn Zitoun).
2 . Succession de niveaux marneux à colonies de *Porites lobatosepta* (a) et de barres plus calcaires (b) .
3 Barre construite à *Porites* et *Turbellastraea* riche en débris d'algues. ms : marnes sableuses. gr : calcaires grèseux.

FIG. 19. — Panorama du flanc oriental du Koudiat Ras el Kouch (Souk el Khemis).

Source : MNHN, Paris

lamellaire et *Tarbellastraea*. La croissance différentielle entre ces deux formes coloniales expliquerait en grande partie l'impression de contournement (J.-P. CHEVALIER, communication personnelle). Le sommet du corps récifal montre l'établissement d'un système de chenaux remplis de marnes blanches et de matériel récifal.

Latéralement vers le Nord la largeur du complexe récifal se réduit sensiblement, comme le montre une carrière ouverte dans le récif même (Fig. 17). L'épaisseur de l'édifice ne dépasse pas à cet endroit la dizaine de mètres.

Le rebord oriental

Sur le rebord oriental tourné vers la Tafna, les principaux affleurements se retrouvent en contrebas du village. Il s'agit manifestement d'une masse qui a glissé sur les marnes sous-jacentes (Fig. 19), phénomène que l'on observe fréquemment le long des Beni Ouarsous. Une coupe a été effectuée dans cette loupe, aux alentours d'Ain Zitoun (Fig. 18).

Zonation du complexe récifal

La situation paléogéographique du récif corallien des environs de Souk el Khemis amène en première analyse à distinguer une partie interne, tournée vers les Traras et séparée du massif émergé, donc du rivage messinien, par une étroite bande marine (de l'ordre du kilomètre), siège d'une sédimentation marneuse et une partie externe, ouverte vers le bassin de la Tafna. Ce schéma est confirmé par l'étude des microfaunes (Tabl. 3), et partiellement des macrofaunes (SAINT MARTIN, 1982 ; GUERNET *et al.*, 1984). Les sédiments marneux du rebord occidental ont fourni une microfaune essentiellement benthique, avec de fréquentes formes remaniées du Crétacé (*Ammodiscus cretaceus, Globotruncana* sp.) et du Paléogène (*Rzehakina epigona, Bulimina quadrata, Nuttallides trümpyi, Globigerina* sp.). La proximité des terres émergées est d'autre part attestée par la présence, jusque dans l'édifice, de galets divers (calcaires, schistes). Les marnes sableuses du rebord oriental contiennent au contraire, en dehors de Foraminifères benthiques bien plus diversifiés, des formes pélagiques (*Globigerina* sp., *Orbulina universa, Orbulina suturalis, Globorotalia mediterranea*). La présence de *Guttulina* dans le remplissage intercorallien d'Ain Zitoun, indiquerait également l'influence de la mer ouverte.

La largeur réduite du complexe récifal, de l'ordre de la centaine de mètres, suppose l'installation de l'édifice sur un haut-fond, impliquant une sédimentation et une distribution de la microfaune différenciée sur les deux versants. Les apports terrigènes fins perturbent de façon plus évidente l'activité des Coraux sur le côté interne. L'étagement des constructions se manifeste nettement sur le rebord externe, où se retrouve typiquement la barre algaire.

Évolution verticale

Le schéma d'évolution verticale décrit précédemment au Djebel Sebaa Chioukh peut être ici reconduit. Plusieurs phases sont mises en évidence. La colonisation s'effectue sur un substrat marneux et dans un environnement également riche en apport argileux. Dans ces conditions, les colonies de *Porites lobatosepta* en bâtons dominent. Elles sont à la base généralement disséminées. Ces colonies assurent néanmoins une certaine stabilisation du milieu. D'autres espèces se développent alors ; ce sont généralement des formes massives, hémisphériques. Des surfaces de discontinuité bien marquées indiquent l'aspect cyclique de l'édification. L'alternance de niveaux tendres et de niveaux plus calcaires souligne l'apport épisodique d'éléments terrigènes fins qui influe sur la cohérence et la composition des constructions. Le sommet est généralement ennoyé de marnes à Huîtres qui comblent les dépressions du bâti récifal.

Les constructions coralliennes

La sédimentation joue comme on l'a vu un grand rôle dans l'élaboration de la trame récifale. La compétition entre les formes coralliennes peut revêtir à l'affleurement un aspect assez spectaculaire. Le fort taux de croissance des colonies de *Porites lobatosepta* digitées entraîne un foisonnement de gerbes souvent étroitement imbriquées s'orientant diversement selon l'espace disponible. Le développement de ces ensembles coloniaux se produit alors tant latéralement (colonies disposées sur des plans horizontaux ou obliques) que verticalement. La réunion et la coalescence des

Source : MNHN, Paris

A. — Ensembles de colonies en bâton de *Porites lobatosepta* séparés par une couche de *Porites* laminaire.
B. — Ensemble colonial en coupe, montrant plusieurs centres de croissance.
C. — Colonies allongées, sans bourgeonnement, de *Porites lobatosepta* noyées dans un sédiment argileux.
FIG. 20. — Détails de colonies de *Porites lobatosepta* à Souk el Khemis.

colonies (Fig. 20B) liées à un intense bourgeonnement et à une évidente plasticité démontrent le grand dynamisme de ce type de constructions. Dans ces conditions les colonies lamellaires qui croissent plus particulièrement en volume sont rapidement débordées et englobées.

Lorsque la sédimentation argileuse devient prépondérante les colonies de *Porites lobatosepta* ne développent quasiment pas de bourgeonnements. Il ne reste alors que des bâtonnets très allongés, de diamétre assez faible, isolés (Fig. 20C). Notons également l'existence de colonies laminaires de *Porites* (Fig. 20A), séparant des ensembles coloniaux divers ou « encroûtant » certaines colonies (par exemple *Acanthastrea*).

Les principales autres espéces constructrices, *Porites calabricae* et *Tarbellastraea reussiana*, constituent des grosses masses hémisphériques. Parfois *Tarbellastraea* se présente sous forme de petites colonies verticales serrées, tandis que *Acanthastrea*, toujours accessoire montre des colonies peu élevées, subsphériques, tout comme *Siderastraea*.

Le contenu paléontologique

Les tableaux 3 et 4 fournissent la liste des organismes récoltés dans le complexe récifal de Souk el Khemis (SAINT MARTIN, 1982 ; GUERNET *et al.*, 1984 ; MOISSETTE, 1985, 1988 ; SAINT MARTIN *et al.*, 1985).

TABLEAU 3. — Microfaune récifale de Souk el Khemis.

FORAMINIFÈRES			
Marnes de base (M_1, côté interne ; M_2, pente externe) :			
Globigerina bulloides	M_1, M_2	*Cibicides boueanus*	M_1
Orbulina universa	M_2	*Cibicides lobatulus*	M_1, M_2
Orbulina suturalis	M_2	*Ammonia beccarii*	M_2
Globorotalia acostaensis	M_2	*Ammonia punctato-granosa*	M_1
Globorotalia mediterranea	M_2	*Elphidium crispum*	M_1
Spiroplectammina carinata	M_2	*Elphidium fichtelianum*	M_1
Textularia aciculata	M_2	*Elphidium flexuosum*	M_1
Textularia gr. *gramen*	M_2	*Elphidium* cf. *glabratus*	M_1
Textularia sagittula	M_2	*Elphidium macellum*	M_1
Bulimina aculeata	M_2	*Elphidium rugosum*	M_1
Uvigerina peregrina	M_2	*Elphidium* sp. 1	M_1
Uvigerina rugosa	M_2	*Virgulina schreibersiana*	M_1, M_2
Rectuvigerina siphogenerinoides	M_2	*Globocassidulina oblonga*	M_2
Hopkinsina bononiensis	M_2	*Nonion commune*	M_1, M_2
Discorbinella bertheloti	M_2	*Oridorsalis umbonatus*	M_2
Cancris auriculus	M_2	*Heterolepa dertonensis*	M_2
Asterigerina planorbis	M_1	*Heterolepa dutemplei*	M_2

Source : MNHN, Paris

Récif (R_1, zone interne ; R_2, zone d'avant-récif) :			
Darathia gibbasa	R_1	*Ammonia punctata-granosa*	R_1, R_2
Guttulina irregularis	R_2	*Elphidium* cf. *antaninum*	R_1
Guttulina problema	R_2	*Elphidium crispum*	R_1, R_2
Balivina cf. *scalprata miocenica*	R_1	*Elphidium fichtelianum*	R_1
Uvigerina peregrina	R_1	*Elphidium hughesi*	R_1
Cancris sagra cammunis	R_2	*Elphidium macellum*	R_1, R_2
Cibicides boueanus	R_2	*Elphidium rugosum*	R_1
Cibicides labatulus	R_1, R_2	*Elphidium* sp. 1	R_1
Ratalia granulata	R_1	*Elphidium* sp. 2	R_1
Ammonia beccarii	R_1, R_2		
OSTRACODES			
Marnes de base (M_2, pente externe) :			
Cytherella sp.		*Mutilus* gr. *retiformis*	
Cytheridea acuminata		*Tenedacythere salebrasa*	
Cyprideis sp.		*Costa ?* sp.	
Senesia ? aff. *triangularis*		*Ruggiera tetraptera*	
Mutilus sp.		*Xestoleberis* sp.	
Récif (R_1, zone interne ; R_2, zone d'avant-récif) :			
Cytheridea acuminata	R_1	*Mutilus* sp.	R_1, R_2
Cyprideis sp.	R_1	*Tenedacythere salebrasa*	R_1, R_2
Gen. 1 sp.	R_1	*Xestaleberis* sp.	R_1
Senesia ? aff. *triangularis*	R_1		

TABLEAU 4. — Macrofaune du Messinien marneux et récifal de Souk el Khemis.

MADRÉPORAIRES	
Tarbellastraea cf. *reussiana*	*Parites labatasepta*
Palaeaplesiastraea (?) sp.	*Porites calabricae*
Siderastraea sp.	*Favites (?)* sp.
Acanthastrea sp.	
BRYOZOAIRES	
Diaperoecia major	*Umbanula manaceros*
Plagioecia patina	*Schizoparella langirastris*
Lichenopara cf. *echinulata*	*Escharina vulgaris*
Lichenopara cf. *grignanensis*	*Buffonellodes incisa*
Aplousina babiesi	*Schizomavella acuilfera*
Antrapara sp.	*Hippopleurifera sulcimarga*
Tremogasterina catenularia	*Hippodiplasia linearis*
Onychacella angulasa	*Micraporella ciliata*
Calpensia nobilis	*Callaparina decarata*
Scrupocellaria elliptica	*Schizotheca fissa*
Callarina sp.	*Sertella cellulasa*
Cribrilaria radiata	*Cryptasula pallasiana*
Chorizopara brongniarti	*Celleporina castazi*
BIVALVES	
Barbatia barbata	*Aequipecten seniensis*
Acar clathrata	*Spondylus gaederapus*
Striarca lactea	*Lima lima*
Lithaphaga lithaphaga	*Ostrea lamellasa*
Gregariella aff. *neuvillei*	*Ostreola stentina*
Chlamys pusio	*Hyotissa hyatis*
Chlamys linguafelis	*Gastrana fragilis*
Chlamys sp.	*Jouannetia taurnaueri*

Source : MNHN, Paris

GASTÉROPODES

Haliotis cf. *tuberculata*
Clanculus cf. *cruciatus*
Littorina sp. 2
Rissoa sp. 2
Architectonica sp.
Vermetus sp.
Thericium vulgatum
Cerithiella cf. *exbicarinata*
Triphoridae
Strombus coronatus
Cypraea sp. 2
Nassarius sp.
Oliva sp. 2
Conus sp. 1
Conus sp. 2

ÉCHINODERMES

Échinides :
Schizechinus sp.
Ophiuridae : pièces brachiales
Clypeaster sp.

CRUSTACÉS

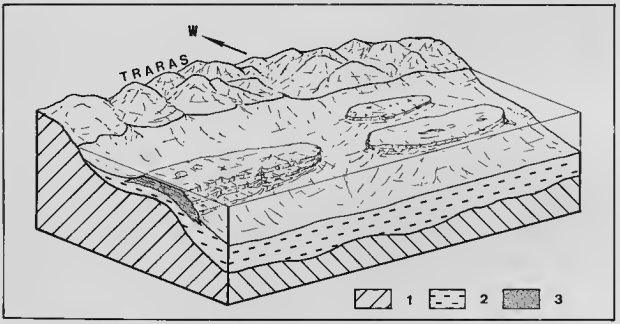
Décapodes : *Daira speciosa*
Dromia neogenica
Cirripèdes Balanidae : *Creusia oraniensis*

DIVERS

Serpulidae
Brachiopodes : *Argyrotheca* cf. *neapolitana*
Poissons : *Trigonodon (?)*

Interprétation

Le complexe récifal de Souk el Khemis s'est installé à la faveur d'une zone de hauts-fonds orientés parallèlement à la chaîne des Traras et à proximité immédiate de celle-ci. La forme et la dimension de ces hauts-fonds étroits et allongés ont guidé l'installation, puis le développement récifal (Fig. 21). Vers la zone interne, se manifeste de manière épisodique mais jusqu'à la fin de l'activité récifale (marnes à Huîtres), une sédimentation terrigène. La croissance des



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Marnes. 3 : Récifs coralliens messiniens.
FIG. 21. — Schéma interprétatif de l'édification récifale en bordure des Traras.

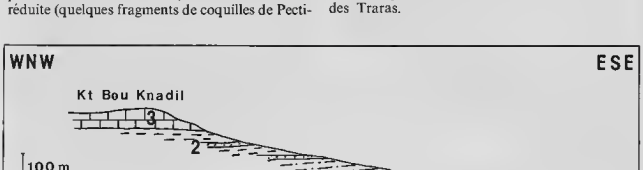
Source : MNHN, Paris

Madréporaires en est souvent perturbée entraînant la dominance des formes les mieux adaptées (*Porites lobatosepta*). Les divers épisodes récifaux se marquent par l'étagement des niveaux construits, parfois nettement séparés.

Les affleurements au Nord de Souk el Khemis

A partir de Souk el Khemis, vers le Nord, les affleurements récifaux deviennent extrêmement réduits et se situent aux alentours de la cote 350 m. Ils se poursuivent sur une faible épaisseur (2 à 3 m), jusqu'au Kt el Abadla. Les constructions sont élaborées surtout par *Porites*, mais on note quelques colonies de *Tarbellastraea*, dans un sédiment marneux. Au Kt el Abadla il n'y a plus de trace d'activité récifale, les sommets étant occupés par des marnes sableuses et des sables, plus ou moins consolidés, à macrofaune très réduite (quelques fragments de coquilles de Pectinidés). La microfaune recueillie avec *Elphidium* et *Ammonia* indique un milieu assez restreint. Les marnes à Madréporaires reprennent peu après avec les mêmes caractéristiques que précédemment : faible épaisseur (3 à 4 m), *Porites* dominant, présence de quelques colonies de *Tarbellastraea*. Le niveau à Coraux est toujours recouvert de marnes, localement rougeâtres, renfermant parfois de très grandes coquilles d'Huîtres, notamment des exemplaires de *Crassostrea crassissima*. Les affleurements récifaux disparaissent au-delà du Kt Dhordane, peu avant Souk el Tnine.

GUARDIA (1975) décrit une formation similaire, à Algues, au Kt bou Knadil où les calcaires ont fourni à leur base une riche microfaune contenant notamment *Globorotalia mediterranea*. L'association des Ostracodes indique pour cet auteur la proximité de la côte bordant le massif des Traras.



1 : Marnes grises parfois gypseuses passant à des dépôts continentaux.
2 : Marnes grises à *Globorotalia mediterranea*. 3 : Calcaire blanchâtre friable à Algues.

FIG. 22. — Coupe du Koudiat bou Knadil (Guardia, 1975).

Conclusion

L'histoire récifale messinienne dans les Beni Ouarsous s'inscrit dans le cadre d'un cycle transgressif, gagnant la bordure des Traras. Aux couches continentales, puis laguno-marines de base, font suite généralement des marnes franchement marines à microfaune pélagique. C'est alors que s'instaure à proximité des Traras et parallèlement à ceux-ci une ligne de hauts-fonds plus ou moins reliés les uns aux autres. La morphologie des édifices est calquée sur la forme et les dimensions de ces hauts-fonds, réduits en certains endroits à une simple crête (vers le Nord).

L'existence de cette ride, à la topographie assez bien marquée, témoigne certainement de la mise en place au Messinien d'une évolution tectonique préfigurant les structures et les reliefs actuels. On peut se demander si cela ne correspondrait pas également à l'emplacement d'une éventuelle zone sismique dont l'activité aurait pu mobiliser les masses argileuses sous-jacentes aux formations récifales et entraîner la création de hauts-fonds colonisés par les Madréporaires ; on connaît en effet actuellement des phénomènes de ce type (VERNETTE, 1985).

Source : MNHN, Paris

Rive gauche de la Basse-Tafna

Introduction

Dans son cours inférieur, avant de se jeter dans la Méditerranée au niveau de Rachgoun, la Tafna recoupe un grand complexe volcanique quaternaire (Gentil, 1903 ; Sadran, 1952 ; Sadran, 1958). Sur sa rive gauche les formations volcaniques affleurent largement, depuis le plateau de Tadmaya au SE jusqu'à la côte, à l'Ouest de Rachgoun. Les terrains antérieurs miocènes sont généralement complètement masqués ; ils n'apparaissent qu'à la faveur de quelques échancrures, soit sur la côte (Mersat Zouanif), soit sur le rebord occidental du plateau de Tadmaya, le long de l'Oued Djelloul (Fig. 14).

Le rebord occidental du plateau de Tadmaya, SE de Souk el Tnine

Les affleurements récifaux du miocène supérieur sont ici très limités et ne permettent pas une étude des corps construits. Sur le plateau, quelques ravineaux entaillent le recouvrement volcanique et montrent des alternances de marnes et de bancs calcaro-gréseux contenant quelques coquilles de Pectinidae. Ces niveaux se retrouvent le long de l'oued Djelloul, au SE de Souk el Tnine (Ouled Aicha). Il s'agit là également de marnes et grès en bancs bien lités au sein desquels s'établissent des constructions coralliennes à *Porites* et à *Faviidae*, sur une épaisseur ne dépassant pas quelques mètres. Le sédiment de remplissage reste très gréseux ; on y observe par ailleurs fréquemment des traces de fouissage, sous forme de terriers verticaux assez longs. Les sédiments marno-gréseux se poursuivent vers le sud, toujours le long de l'Oued Djelloul, mais ne renferment plus de Madréporaires. Considérés comme sahéliens par Gentil (1903) et messiniens par Guardia (1975), ces sédiments sont à rapprocher de ceux du Ktel Abadla évoqués plus haut et de ceux plus proches décrits au Kt Bou Knadil par Guardia (1975), sous les calcaires à Algues (Fig. 23).

La Mersat Zouanif

Les données

Seul Gentil (1903) fait mention de formations miocènes à la Mersat Zouanif. Il décrit des « grès tortoniens » dans les falaises de la rive gauche de la Tafna, plus précisément, au dessous du Marabout de Sidi Samegrane, à la pointe orientale de l'anse de Zouanif. Il n'évoque que la présence d'un calcaire gréseux jaunâtre, renfermant une association de Mollusques marins et saumâtres. Il détermine les formes suivantes :

« *Lucina columbella*	*Turritella* sp.
Pecten gentoni	*Cypraea*
Pecten sp.	*Helix*
Cerithium pictum	*Schizaster*
Cerithium sp.	Polypiers abondants »

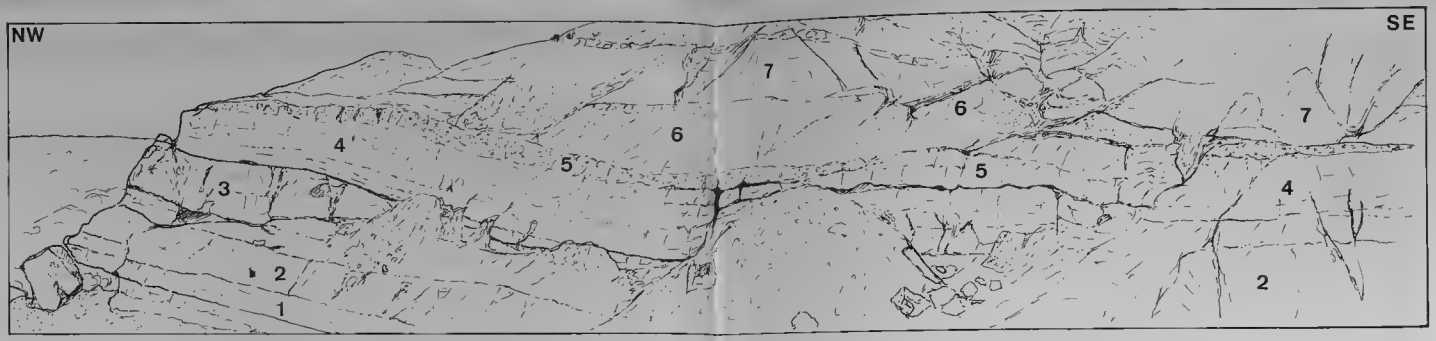
Guardia cartographie ces affleurements avec les marnes du deuxième cycle post-nappe (Messinien *pro-parte*).

Sur le rivage les pointements accessibles sont constitués de grès et sables à stratifications obliques et renfermant une faune littorale de Bryozoaires, Pectinidés, Échinides. La falaise, située à l'extrémité orientale de l'anse, permet d'établir une coupe dans les différents niveaux (Fig. 23, 24).

La microfaune recueillie dans les parties tendres du niveau récifal est surtout représentée par des Foraminifères benthiques et quelques Ostracodes, à l'exception de formes planctoniques. L'association déterminée (Tabl. 5) indique un milieu peu profond, de plate-forme (*Borelis melo, Amphistegina* sp.).

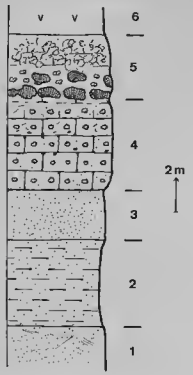
Pour Gentil (1903), dont les propos sont repris par Dalloni (1915a), la faune de la Mersat Zouanif, comme celle du Pont de Saboune, traitée plus haut, indique un environnement très marginal où avoisineraient organismes saumâtres et marins. Remarquons qu'à l'exception de restes d'*Helix*, non retrouvés, les espèces citées seraient plutôt caractéristiques d'un milieu littoral et ont été sans aucun doute prélevées dans des niveaux divers, marno-sableux (Lucines, Turritelles, *Schizaster*), calcaires (*Cypraea*, Cérithes, *Pecten*).

Source : MNHN, Paris



1 : Grès à stratifications obliques riches en Bryozoaires et Échinides. 2 . Marnes sableuses à dents de Poissons. 3 : Grès en lentilles. 4 : Calcaire à Algues. 5 . Niveau à Algues et Madréporaires.
6 : Calcaire rognoneux contenant des Algues et des Madréporaires 7 : Produits volcaniques quaternaires.

FIG. 23. — Panorama des falaises orientales de la Mersat Zouanif.



6. Formations volcaniques quaternaires (laves, cinérites).

5. Niveau construit à Coraux et Mélobésiées. Il s'agit en fait de lentilles peu élevées (2 m) d'extension décamétrique constituées par des colonies massives de *Tarbellastraea* associées à des Algues calcaires. Entre ces corps construits et au-dessus on observe un calcaire micritique intensément bioturbé.

4 Calcaire à Mélobésiées. Les rhodolithes sont fréquents. Cette couche est très fossilifère et fournit outre d'abondants Pectinidés déjà signalés par GENTIL (1903) : *Glycymeris bimaculata, Isognomon maxillatus, Chlamys pusio, Chlamys linguafelis, Spondylus gaederopus, Ostrea* sp., *Cardita vindobonensis* pour les Bivalves. Les Échinides sont représentés par des exemplaires de *Clypeaster* et de nombreux radioles. A divers niveaux cette formation renferme des galets de terrains anté-miocènes (quartzites, schistes).

3. Grande lentille de grès s'amincissant et disparaissant vers le Sud.

2. Marnes sableuses à dents de Poissons. Ces derniers sont représentés par des Sparidae, des Sélaciens (*Sinodontaspis, Isurus hastalis*...).

1. Grès et sables bien lités à stratifications obliques et contenant de nombreux Bryozoaires et des débris de coquilles.

FIG. 24. — Coupe de la falaise orientale de la Mersat Zouanif.

Conclusion

Bien que nous ne possédions pas de datation précise, compte tenu de l'absence de marqueurs, il paraît logique de rapprocher les affleurements de la Mersat Zouanif de ceux des Beni Ouarsous et du plateau de Tadmaya. La succession des niveaux indique clairement l'évolution d'un milieu littoral, à sédimentation sablo-gréseuse montrant des stratifications obliques, vers un milieu de plate-forme carbonaté propice à l'instauration d'un régime récifal. Il s'agit donc d'une séquence transgressive, s'achevant par une phase de construction corallienne, tout à fait semblable à celle que l'on observe dans toute l'Oranie occidentale. Ici aussi la formation récifale n'est recouverte que par les épanchements volcaniques quaternaires. Il est fort probable que les sédiments miocènes de la Mersat Zouanif se situent, sous le volcanisme quaternaire, en continuité avec ceux des Beni Ouarsous, appuyés contre le massif des Traras et de sa prolongation vers le Nord. Le problème se pose alors de l'existence possible d'autres édifices coralliens, au large de Rachgoun. La présence d'affleurements témoins, comme ceux de la Mersat Zouanif, constituent donc un élément important pour la reconstitution de la paléogéographie tortono-messinienne sans doute plus complexe que ne le laisse supposer l'appellation générale de « bassin de la Tafna ».

Source : MNHN, Paris

Le contenu paléontologique

TABLEAU 5. — Faune de la formation récifale de la Mersat Zouanif.

FORAMINIFÈRES	
Textularia articulata	*Elphidium crispum*
Borelis melo	*Elphidium macellum*
Triloculina angularis	*Elphidium glabratum*
Sinuloculina consobrina	*Elphidium fichtelianum*
Bolivina apenninica	*Elphidium* spp.
Reussella spinulosa	*Protelphidium granosum*
Rosalina globularis	*Virgulopsis* sp.
Asterigerina planorbis	*Buccella* sp.
Cibicides lobatulus	*Globulina gibba*
Pararotalia sp.	*Amphistegina* sp.
Ammonia beccarii	*?Peneroplis*
Ammonia punctato-granosa	*Dendritina* sp.
MADRÉPORAIRES	
Porites sp.	*Tarbellastraea* sp.
BIVALVES	
Chlamys pusio	*Pecten* sp.
Chlamys linguafelis	*Diplodonta rotundata*
GASTÉROPODES	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Cheilea* sp.
Thericium vulgatum	*Cypraea* sp. 2
Cerithiella exbicarinata	*Conus* sp.
CRUSTACÉS	
Balanidae : *Creusia oraniensis*	Articles de Décapodes
DIVERS	
Serpulidae	« Becs » de Céphalopodes
Radioles d'Échinides	Dents de Poissons : Sparidae

LA RÉGION DE BENI SAF, LE DJEBEL SKOUNA

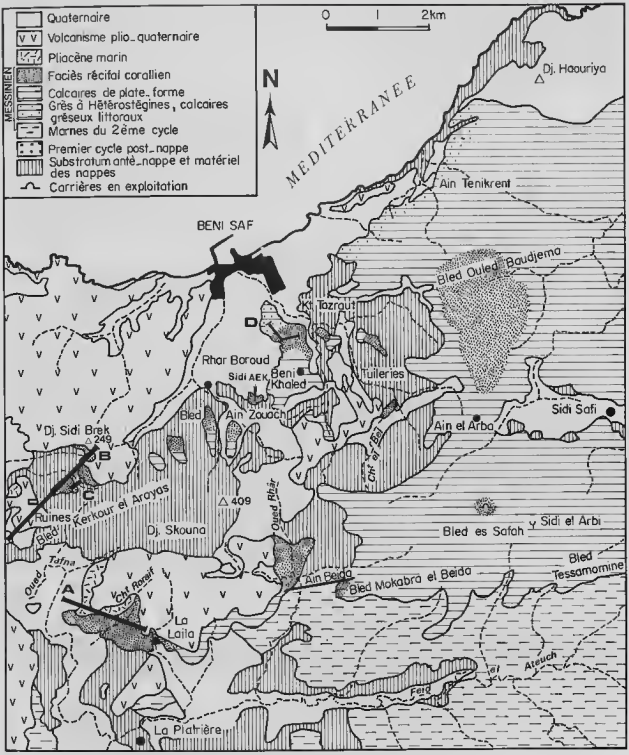
Introduction

Le secteur envisagé est limité vers l'Ouest par la vallée de la Basse-Tafna, au Sud par la vallée du Feid el Ateuch. Dans sa partie centrale, le Djebel Skouna (414 m) représente un relief conséquent, dominant vers le Nord la côte méditerranéenne. Les affleurements récifaux se répartissent assez régulièrement tout autour du Djebel Skouna (Fig. 25). Ils sont présents jusqu'aux abords immédiats de la ville de Beni Saf. Ils sont relayés vers l'Est par ceux du plateau de Sidi Safi. Ils apparaissent surtout à la faveur d'entailles d'oueds, car dans une grande partie du secteur ils sont recouverts par les formations volcaniques quaternaires.

Les principales données sur le Miocène supérieur des environs de Beni Saf ont été établies par GENTIL (1896, 1898, 1900, 1903). Il distingue en fait deux groupes de calcaires construits. Il attribue à l'Helvétien les affleurements coralliens du Chabet Roraif (SW du Djebel Skouna) et au Sahélien tous les autres, cette distinction s'appuyant notamment sur des critères paléontologiques.

La plupart des travaux consacrés par la suite à cette région concernant plus spécialement les terrains antérieurs ou les formations volcaniques récentes (DELAROCHE, 1962 ; SADRAN, 1952, 1958 ; JENNY *et al.*, 1986) mais proposent tous

Source : MNHN, Paris



A : Fig. 26. B : Fig. 27. C : Fig. 28. D : Fig. 29.

Fig. 25. — Carte de répartition des faciès miocènes des environs de Beni Saf (d'après Guardia, 1975 ; Jenny *et al.*, 1986).

Source : MNHN, Paris

une cartographie permettant de bien situer les affleurements de Miocène terminal. GUARDIA (1975) intègre ces derniers dans le Messinien et constate que des influences littorales se font sentir dans le milieu de sédimentation à proximité du Djebel Skouna.

Sud du Djebel Skouna

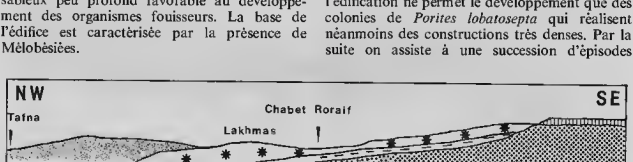
Sur le versant SE du Skouna, au niveau d'Ain Beida, l'oued Rhâr recoupe et entaille une masse calcaire constituée de bancs à Algues vers la base et qui se charge en Madréporaires vers le sommet. Les constructions sont assurées par des colonies de *Porites lobatosepta*. Le remplissage est constitué d'un calcaire biodétritique à débris de coquilles indéterminables et de Mélobésiées. La base de la formation n'est pas visible ; cependant vers le Sud, au Bled Mokabra el Beida elle repose distinctement sur des marnes. L'ensemble est recouvert par les produits volcaniques du Quaternaire. Peu d'observations précises ont pu être réalisées compte tenu de la mauvaise conservation de l'édifice.

Vers le SW, la piste qui descend du Djebel Skouna pour rejoindre La Plâtrière, traverse un peu au Nord de La Laila un ensemble construit installé sur un substrat marno-gréseux. Celui-ci, plus gréseux vers le haut renferme en plus d'une microfaune benthique très riche en *Ammonia* et *Elphidium*, de nombreux terriers et une macrofaune relativement abondante : *Ostrea, Panopea, Turritella*... Tout ceci indique un milieu vaso-sableux peu profond favorable au développement des organismes fouisseurs. La base de l'édifice est caractérisée par la présence de Mélobésiées.

Une tranchée, le long de la piste permet d'observer un ensemble de colonies de *Porites lobatosepta* en gerbes, associées à de plus rares colonies en boules de *Porites calabricae* et d'*Acanthastrea*. Ce corps récifal présente les mêmes caractéristiques qu'à Sebaa Chioukh ou qu'à Souk el Khemis. Les groupes coloniaux de *Porites* digités, très denses, prennent diverses orientations, se rejoignant souvent. Dans l'intervalle on remarque de fréquentes accumulations de Gastéropodes (*Thericium vulgatum*). Des lentilles biodétritiques viennent s'intercaler dans le bâti. D'apparentes discontinuités délimitent plusieurs épisodes coralliens ; ces interruptions sont souvent concrétisées par des dépôts pulvérulents chenalisés et une occupation des creux et des anfractuosités par des Coraux qui recolonisent le milieu.

Les niveaux récifaux se poursuivent à l'Ouest, vers la Tafna. Ils sont recoupés par le Chabet Roraif (Fig. 26). Ils sont constitués de barres calcaires étagées à *Porites* et *Tarbellastraea*. Pour GENTIL (1903) il y avait interstratification des calcaires à Polypiers dans les marnes miocènes. Mais GUARDIA (1975) a démontré l'âge pliocène des marnes beiges (présence de *Globorotalia margaritae*) qui viennent ennoyer partiellement les couches messiniennes, mais restent en deçà du plateau calcaire messinien.

On retrouve donc ici un schéma d'évolution de la phase récifale assez comparable à celui évoqué pour les régions étudiées plus haut. La sédimentation argileuse qui se manifeste au début de l'édification ne permet le développement que des colonies de *Porites lobatosepta* qui réalisent néanmoins des constructions très denses. Par la suite on assiste à une succession d'épisodes



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Marnes gréseuses messiniennes. 3 : Calcaire récifal corallien du Messinien.
4 : Marnes beiges pliocènes. 5 : Basaltes quaternaires.

FIG. 26. — Coupe au SW du Djebel Skouna (d'après Guardia, 1975).

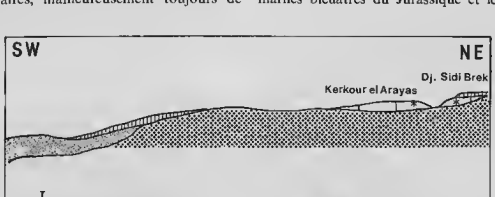
Source : MNHN, Paris

construits, bien délimités où d'autres genres de Madréporaires prennent leur part. Il s'ensuit un étagement de bancs récifaux témoignant de l'aspect discontinu du phénomène.

Ouest du Djebel Skouna

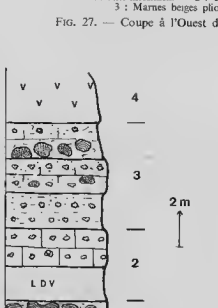
C'est à la faveur de divers oueds et ravins qu'affleurent, sous les vastes épandages volcaniques quaternaires, des calcaires à Algues et Madréporaires, malheureusement toujours de manière assez limitée. La structure et l'organisation des ensembles construits ne sont guère observables en général. Il est fort probable que les récifs se développent largement sous les laves sur une plate-forme assez étendue (Fig. 27). Cependant quelques coupes peuvent être levées et donner des indications quant à l'évolution verticale des calcaires messiniens.

Sous le Marabout du Djebel Sidi Brek (249 m), on peut observer le contact direct entre les marnes bleuâtres du Jurassique et les calcaires



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Calcaire à Algues et Madréporaires (*) du Messinien. 3 : Marnes beiges pliocènes. 4 : Basaltes quaternaires.

FIG. 27. — Coupe à l'Ouest du Djebel Skouna (d'après Guardia, 1975).



4. Produits volcaniques du Quaternaire.

3. Calcaire à rhodolithes, plus ou moins indurés. Des colonies de *Tarbellastraea* dispersées s'y rencontrent vers le haut.

2. Barre calcaire ne renfermant que peu de Coraux (quelques exemplaires de *Tarbellastraea*). Les Mélobésiées y sont présentes en débris ou en encroûtements.

1. Barre calcaire à Mélobésiées et Coraux. Vers le sommet se développe, sur une épaisseur de 2 m environ, un niveau construit à *Porites* lamellaire dominant et *Tarbellastraea*. Les colonies de *Porites* sont jointives, massives, constituées de la juxtaposition de colonnes verticales. On observe parfois quelques digitations. Signalons la récolte dans ce niveau d'une mâchoire de *Labrodon*.

0. Substrat secondaire. Le contact avec la première barre calcaire n'apparaît pas nettement, masqué partiellement par la végétation.

FIG. 28. — Flanc ouest du Djebel Skouna.

Source : MNHN, Paris

messiniens. L'installation récifale s'effectue par l'intermédiaire d'un horizon détritique assez grossier, aux graviers hétérogènes, renfermant des Algues, des Pectinidae et de rares Madréporaires (*Acanthastrea*). Puis le sédiment s'enrichit progressivement en Mélobésiées. Vers le haut apparaissent divers Coraux dont les colonies sont d'abord dispersées au sein de la couche algaire. Le développement corallien atteint alors son plein épanouissement et les constructions deviennent très denses et jointives, constituant des barres successives. On y rencontre surtout des colonies massives de *Porites* lamellaire et de *Tarbellastraea*. L'ensemble atteint une trentaine de mètres d'épaisseur et est recouvert par les laves récentes.

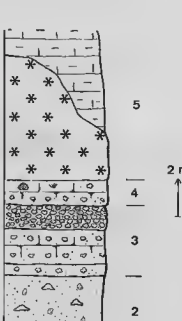
Les ruines du mausolée de Syphax qui dominent la vallée de la Tafna révèlent que cet édifice fut bâti à partir de pierres tirées des bancs de calcaire messinien tout proche. Des petites carrières témoignent de cette origine. Le ravin qui entaille les calcaires montre la répétition de trois séquences aux caractéristiques communes (Fig. 28). A la base de chaque banc, les Algues calcaires (rhodolites, encroûtements ou « tapis ») sont dominantes. Les Coraux s'organisent ensuite préférentiellement sur cette semelle stabilisée.

Nord du Djebel Skouna

Juste sous le Djebel Skouna, en direction de Rhâr Baroud, des niveaux calcaires, partiellement entaillés par des oueds, affleurent sur les formations anté-messiniennes. Leur pendage bien marqué vers le Nord témoignerait, selon JENNY *et al.* (1986), d'importants mouvements tectoniques post-messiniens. A la base ce sont essentiellement des calcaires à Algues qui s'enrichissent progressivement en Madréporaires massifs (*Porites* lamellaire et *Tarbellastraea*). La qualité des affleurements ne permet pas d'observations plus détaillées. A partir de là, vers le Nord, les pointements récifaux s'avèrent relativement dispersés, mais homogènes dans leur composition.

Aux environs immédiats du village de Rhâr Baroud, directement au Nord des anciennes carrières exploitant les gisements de fer des schistes jurassiques, on peut observer des affleurements calcaires plutôt diffus, notamment aux alentours du Marabout Sidi AEK. Les Coraux y apparaissent dans des masses assez bien circonscrites d'extension pluridécamétrique. Il s'agit le plus souvent de *Tarbellastraea* et de *Porites* lamellaire.

Le Messinien est également présent aux abords immédiats de la ville de Beni Saf, notamment vers le Douar de Beni Khaled. Immédiatement au Nord de celui-ci, la rive gauche de l'Oued Saf Saf montre, sur des niveaux cinéritiques, des calcaires blanchâtres à Mélobésiées et passées



5. Corps construit à Madréporaires atteignant 7 à 8 m d'épaisseur et s'étendant sur une cinquantaine de mètres. Latéralement on passe à des calcaires lités, en bancs métriques, biodétritiques, renfermant localement des Mélobésiées et des colonies coralliennes dispersées. Le bâti récifal est assuré par le genre *Tarbellastraea* aux formes variées (colonnes verticales serrées, masses hémisphériques en éventail, banes...), et en moindre mesure par des colonies mamelonnées de *Porites* lamellaire.

4. Calcaire à Algues et Coraux. D'abord isolées au milieu des rhodolites, les colonies de Madréporaires, surtout des Faviidae, deviennent de plus en plus abondantes.

3. Calcaire à Mélobésiées. La densité des rhodolites augmente vers le sommet. Différents niveaux sont séparés par de nettes discontinuités. La base reste encore détritique.

2. Couche gréseuse riche en Hélérostègines et en Oursins (*Clypeaster*). On peut y récolter en outre des Térébratules, des Pectinidae et quelques Huîtres.

1. Calcaire lumachellique à rhodolithes.

FIG. 29. — Le Messinien au Sud de Beni Saf.

Source : MNHN, Paris

lumachelliques. Des corps construits à Madréporaires, bien circonscrits se développent en leur sein, vers le haut. Il s'agit de masses d'extension variable (jusqu'à une trentaine de mètres) où l'on remarque essentiellement des colonies massives, jointives de *Porites* lamellaire et de *Tarbellastraea*.

Vers l'Ouest, un ravin entaille ces mêmes niveaux et permet une meilleure observation des constructions complétée par l'examen des affleurements du talus de la piste forestière située en contrebas (Fig. 29). L'ensemble des couches présente un pendage de l'ordre de 15° vers le Nord.

Nord-Est du Djebel Skouna

Au SE de Beni Saf, le Kt Tazrout (157 m) et la colline de Bougarninas (163 m) qui lui fait face vers l'Est, sont couronnés par des calcaires miocènes. Les Madréporaires s'y retrouvent dans un ensemble plus confus à Mélobésiées qui comporte des lumachelles à gros bivalves (*Isognomon, Glycymeris, Lutraria...*). GENTIL (1903) y signale « *Lithothamnium* sp., *Panopea, Conus, Clypeaster* ».

Tout près de l'ancienne tuilerie de Beni Saf, le long du Chabet el Bel, au bord de la piste du Djebel Skouna, les constructions coralliennes du Messinien sont directement installées sur le Complexe Chaotique de Beni Saf défini par JENNY *et al.* (1986). En particulier, des colonies de *Tarbellastraea* ont occupé un substrat composé de blocs de roches vertes englobés dans des marnes versicolores. Il s'agit d'un pointement localisé mais qui assure la transition avec les formations messiniennes du plateau de Sidi Safi.

Les constructions et le contenu paléontologique

Dans la région du Djebel Skouna il semble que les constructions se réalisent selon des modalités sensiblement différentes. En effet vers le Sud, les récifs font suite à une sédimentation marneuse et en subissent encore les conséquences. Cela se manifeste par la prédominance de *Porites lobatosepta* avec des colonies en gerbes caractéristiques. Vers le Nord, au contraire, ce sont des colonies beaucoup plus massives de *Tarbellastraea* et de *Porites* lamellaire qui entrent dans la composition de bancs étendus (Bled Ain Zaouach, Djebel Sidi Brek) ou de corps récifaux bien délimités, au sein de niveaux algaires et biodétritiques (Rhâr Baroud, Beni Khaled).

La qualité des affleurements ne favorise pas en général l'échantillonnage à l'intérieur des niveaux coralliens ; la liste globale établie ne demeure donc qu'indicative (Tabl. 6). Par contre, les grès sous-jacents à *Clypeaster*, ainsi que les niveaux tendres algaires renferment une faune assez abondante où dominent les Bivalves (*Glycymeris, Isognomon,* Pectinidae, *Spondylus, Ostrea, Lutraria, Venus...*). Les Bryozoaires s'avèrent également nombreux, liés le plus souvent aux rhodolithes.

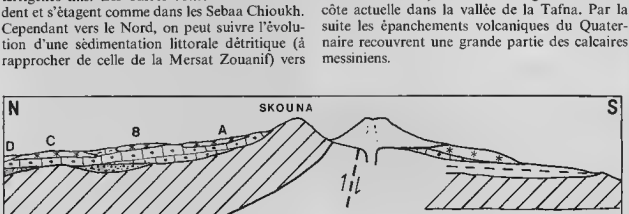
TABLEAU 6. — Macrofaune des constructions coralliennes autour du Djebel Skouna.

MADRÉPORAIRES	
Porites lobatosepta	*Tarbellastraea reussiana*
Porites calabricae	*Tarbellastraea* sp.
Palaeoplesiastraea	*Siderastraea* cf. *crenulata*
Acanthastrea	
BIVALVES	
Barbatia barbata	*Chlamys pusio*
Acar clathrata	*Aequipecten seniensis*
Botula fusca	*Venus multilamella*
Lithophaga lithophaga	
GASTÉROPODES	
Cypraea sp. 2	*Conus mercati*
Ficus sp.	*Conus* sp.

Source : MNHN, Paris

Conclusion

Les constructions à Madréporaires du Messinien se répartissent tout autour du Djebel Skouna. Elles se sont mises en place lors d'un mouvement transgressif gagnant progressivement le substratum alors dégagé. Selon la paléogéographie et la paléotopographie, l'épisode récifal va se développer diversement. Vers le Sud, les récifs s'installent sur des marnes de milieu peu profond et sont perturbés au début par des apports terrigènes fins. Les barres construites se succèdent et s'étagent comme dans les Sebaa Chioukh. Cependant vers le Nord, on peut suivre l'évolution d'une sédimentation littorale détritique (à rapprocher de celle de la Mersat Zouanif) vers un régime de plate-forme où prolifèrent les Algues calcaires (Fig. 30). Au cours de cette période, les paléoreliefs vont être progressivement envahis, à l'exception d'une île de modeste dimension, à l'emplacement du Skouna, et de quelques bombements ou hauts-fonds. En général, les couches à Mélobésiées, en stabilisant et en effaçant les accidents de la paléotopographie, vont servir de semelle à l'édification corallienne. Celle-ci clôt pratiquement sur tout le secteur la sédimentation messinienne. Le Pliocène marin reste bien en deçà et déborde légèrement de la côte actuelle dans la vallée de la Tafna. Par la suite les épanchements volcaniques du Quaternaire recouvrent une grande partie des calcaires messiniens.



1 Autochtone anté-nappe. 2 : Marnes synchro-nappes. 3 : Matériel de la nappe. 4 : Conglomérat du premier cycle. 5 : Grès à Hétérostégines et *Clypeaster*. 6 : Marnes du deuxième cycle. 7 : Calcaires à Melobésiées. 8 : Calcaire blanchâtre péri-récifal. 9 : Calcaires récifaux coralliens. 10 : Quaternaire.

FIG. 30. — Schéma interprétatif des formations du Djebel Skouna (d'après Jenny *et al.*, 1986).

LE PLATEAU DE SIDI SAFI

Introduction

Le plateau de Sidi Safi s'étend depuis la vallée du Feid el Ateuch au Sud, jusqu'aux falaises orientales de Beni Saf au Nord (Fig. 25). Il bute sur les reliefs du Djebel Haouarya, vers le NE. Il se poursuit dans sa partie orientale par le plateau des Ouled ben Adda aux caractères similaires. L'ensemble du plateau se maintient à une altitude moyenne de 200 m. Quelques oueds viennent l'entailler, mais jamais profondément. L'essentiel en est constitué par les formations calcaires du Miocène terminal qui disparaissent cependant sous les épanchements de laves volcaniques quaternaires dans le secteur oriental. Quelques grandes carrières, exploitées pour alimenter des cimenteries, offrent des fronts de taille intéressants. Partout ailleurs on ne peut observer que la partie superficielle de la formation.

Source : MNHN, Paris

L'âge des formations calcaires du plateau de Sidi Safi a donné lieu á d'intenses polémiques entre GENTIL (1903, 1917a, b, c, 1918a, b) et DALLONI (1915a, b, c, 1917). Plus exactement c'est la position stratigraphique des « couches rouges de la Tafna » qui constitue le point de désaccord. Comme on l'a vu, dans la vallée du Feid et Ateuch, notamment au Kt et Tine, le Miocène supérieur débute par des formations continentales et saumâtres où DALLONI avait récolté des dents qu'il attribuait á *Hipparion gracile*. Pour cet auteur, cette découverte permettait d'affecter á ces formations un âge « pontien » et par conséquent le conduisait á ranger dans le Pliocène les niveaux marins sus-jacents. GENTIL contesta vigoureusement ces résultats et continua á considérer comme sahéliens les calcaires de Sidi Safi. D'après GUARDIA (1975), ARAMBOURG a reconnu dans les échantillons *Hipparion africanum* et établi une corrélation avec le Miocène de Bou Hanifia. Les études effectuées sur les Rongeurs par AMEUR (1979) apportent des conclusions similaires, le gisement étant placé dans le Turolien, étage continental correspondant á la majeure partie du Tortonien et au Messinien (JAEGER *et al.*, 1973). Par ailleurs GUARDIA (1975) récolte dans les niveaux tendres du plateau de Sidi Safi une association de Foraminifères caractéristique du Messinien (*Globorotalia mediterranea*).

Le secteur méridional du plateau de Sidi Safi

Les niveaux infrarécifaux

Avant d'aborder l'examen des constructions coralliennes, il ne semble pas inutile de s'intéresser aux niveaux sous-jacents et de suivre leur évolution vers les calcaires sommitaux, tant au point de vue lithologique qu'au plan des milieux révélés par les associations de fossiles récoltés. Le débat sur les âges ayant clarifié la situation, la succession est la suivante (de bas en haut depuis le Feid el Ateuch) :

* Alternance de marnes gréseuses jaunâtres á restes de Bivalves et de marnes sombres (10 m environ). Les marnes sombres renferment, outre l'*Hipparion africanum*, une faune d'organismes continentaux (DALLONI, 1915a ; AMEUR, 1979) composée de quelques Gastéropodes (*Helix, Planorbis*), de micrommamifères (*Zramys hachai, Myocricetodon ouedi, Irhoudia...*), de Tortues fluviatules (*Tryonix*)... Les marnes gréseuses contiennent divers Mollusques dont *Ostrea, Cardium, Ervilia, Cerithium*. L'ensemble de ces niveaux fournit également selon GUARDIA (1975) des Ostracodes de milieu oligohalin (*Iliocypris bradyi, I. gibba, Cyprideis* sp.) et des oogones de Characées. Il s'agit donc lá d'un milieu extrêmement marginal, parfois continental où des influences lagunomarines se manifestent épisodiquement. Une activité volcanique contemporaine est attestée par l'intercalation de petits lits cinéritiques.

* Marnes et marnes sableuses (50 m) bien visibles au Bled Tessamamine. On y récolte une faune localement abondante comprenant des Bivalves (*Anadara turonica, Cardium* sp., *Tellina* sp., *Venus* sp., *Ostrea...*), des Gastéropodes surtout représentés par *Turritella turris* et des Échinides (plaques et radioles). On recueille également de nombreuses dents de Poissons, dont la liste donnée par AMEUR (1979) peut être complétée par un nouvel échantillonnage (H. CAPETTA, communication personnelle) : *Squatina* sp., *Carcharodon* cf. *megalodon, Isurus hastalis, Isurus* cf. *oxyrhynchus, Synodontaspis acutissima, Carcharhinus priscus, Carcharhinus* sp., *Hemigaleus* cf. *affinis, Myliobatis* sp., *Sparus* sp. Enfin, plus intéressante est la présence de toutes petites colonies de *Porites lobatosepta*, trés bien conservées, annonçant des conditions propres á l'installation d'un régime récifal et confirmant si besoin en était le caractére assez peu profond du dépôt.

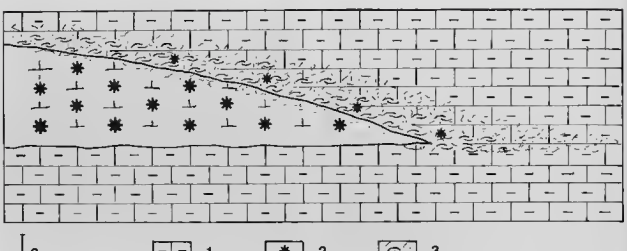
* Marno-calcaires blanchâtres, d'aspect crayeux observables dans les carriéres du Bled Tessamamine et qui constituent le rebord méridional du plateau de Sidi Safi. Leur épaisseur doit avoisiner la quinzaine de métres. Les organismes y sont rares ou trés mal conservés. On retrouve ces marno-calcaires au plancher de la carriére de Bled es Safah, située plus au Nord.

* Calcaires á Mélobésiées. Ils affleurent rapidement au bord du plateau sur le talus de la route de Beni Saf. Plus au Nord, donc un peu plus haut dans la série (Sidi el Arbi), apparaissent des colonies de Madréporaires : *Porites* et *Tarbellastraea*.

La carrière de Bled es Safah

La succession des niveaux évoqués ci-dessus se complète des observations effectuées dans l'importante carriére de Bled es Safah creusée dans les calcaires supérieurs, au SW de Sidi Safi. Les

Source : MNHN, Paris



1 : Calcaire blanchâtre. 2 : Calcaire corallien. 3 : Lumachelles.
FIG. 31. — Schéma de la carrière de Bled es Safah.

différents fronts de taille montrent une formation calcaire crayeuse, calcarénitique, comportant localement des passées algaires (rhodolithes et encroûtements) et où la faune est extrêmement mal conservée, le plus souvent à l'état de « fantôme ». Cependant, vers le sommet de la carrière, en son centre, apparaît un niveau lumachellique, contenant des colonies éparses de *Porites* et entourant une masse plus construite à *Tarbellastraea* et à *Porites* (Fig. 31). Bien que les conditions d'affleurements ne soient pas excellentes et que des pans entiers de calcaire récifal se retrouvent éboulés au fond de la carrière exploitée encore activement, on peut penser qu'il s'agit là d'un grand corps corallien (« patch ») au sein de couches calcarénitiques à Algues. Dans la masse construite on recueille plutôt des organismes épilithes, perforants ou cavitaires (*Conus, Anadara, Aequipecten, Ostrea, Lithophaga, Botula, Jouannetia...*) et dans les lumachelles périphériques une plus forte proportion de fouisseurs comme *Turritella, Linga, Cardium, Lutraria* (Tabl. 7).

TABLEAU 7. — Faune des calcaires construits de la carrière de Bled es Safah.

MADRÉPORAIRES	
Porites sp.	*Tarbellastraea* sp.
BIVALVES	
Anadara turonica	*Linga columbella*
Aequipecten seniensis	*Cadakia decussata*
Lima lima	*Codakia* sp.
Ostrea lamellosa	*Cardium* sp.
Botula fusca	*Lutraria angustior*
Lithophaga lithophaga	*Jouannetia tournoueri*
GASTÉROPODES	
Turritella subarchimedis	*Ficus* cf. *geometra*
Thericium vulgatum	*Conus mercati*
DIVERS	
Bryozoaires	Crustacés Balanidae : *Creusia oraniensis*

Source : MNHN, Paris

Les affleurements d'Ain el Arba

A partir de la carrière de Bled es Safah, vers le Nord, les talus et fossés de la route de Beni Saf laissent affleurer, mais superficiellement, le calcaire à Mélobésiées. Au niveau d'Ain el Arba, on y observe des colonies de *Tarbellastraea* massives. Un peu au Nord d'Ain el Arba, la tranchée de la petite voie ferrée qui reliait Bougarninas aux mines de fer de Sidi Safi recoupe un niveau construit à Coraux. Ce dernier apparaît également le long d'une piste qui part d'Ain el Arba vers la grande cimenterie. Les constructions contiennent surtout des colonies massives et colonnaires de *Tarbellastraea* plus ou moins jointives, plus rarement *Porites* et occasionnellement *Acanthastrea*. Le remplissage renferme des Mélobésiées en boules ou encroûtantes et quelques Bivalves peu déterminables (*Chlamys* sp., *Lima lima, Lutraria*). Les colonies de *Tarbellastraea* sont activement taraudées par *Lithophaga*.

Le Nord du plateau de Sidi Safi

Le problème de la base des calcaires messiniens : Ain Tenikrent

Le plateau calcaire de Sidi Safi se termine vers le Nord sur des falaises côtières, entre Beni Saf et le Djebel Haouariya. Le ravin d'Ain Tenikrent entaille une série de calcaires gréseux très fossilifères à Pectinidae, *Clypeaster*, Térébratules et Bryozoaires. GENTIL (1903), puis DALLONI (1952) et SADRAN (1958) situent cette formation à la base du Miocène supérieur. GUARDIA (1975) la considère quant à lui comme appartenant au deuxième cycle plio-quaternaire, plus précisément au Calabrien. Il se base sur le fait que ces « grès calcareux (...) sont en fait, dans la région de Beni Saf, nettement emboîtés dans les calcaires à Algues et Polypiers du Messinien qu'ils remanient à leur base ». Ultérieurement BELLON et GUARDIA (1980) reviennent sur cette attribution et proposent un âge pliocène inférieur, sans que cela change le fond du problème.

Aux abords de Beni Saf, comme on l'a vu plus haut, des calcaires gréseux à *Clypeaster* constituent la base des couches à Algues et Coraux. Il s'agit d'ailleurs d'un passage continu, progressif, en concordance parfaite. Par ailleurs les calcaires gréseux d'Ain Tenikrent, épais d'une vingtaine de mètres, renferment une faune plutôt caractéristique du Miocène, et notamment des «mollasses de base» connues dans toute l'Afrique nord-occidentale, en Algérie comme au Maroc. La présence et l'abondance de *Clypeaster*, de *Terebratula sinuosa* et de certains Pectinidae (comme *Chlamys linguafelis*) vont dans ce sens. Il est d'autre part évident que ces dépôts n'ont rien en commun avec les corniches calabriennes à lumachelles (Strombes surtout) connues dans les environs d'Oran ni en importance, ni en contenu faunistique. A Ain Tenikrent il n'a pas été possible de constater le remaniement des calcaires sommitaux du plateau de Sidi Safi et l'encastrement dans ces mêmes calcaires. Il semble plutôt que les dépôts en question, très littoraux, précèdent, comme à la Mersat Zouanif, à Beni Saf ou au Cap Figalo, les calcaires de plate-forme.

La carrière du Bled Ouled Boudjema

Une belle carrière, liée à la grande cimenterie au Nord de Sidi Safi, exploite en profondeur les calcaires du plateau (Fig. 32).

Le niveau corallien sommital paraît très largement étendu et il se retrouve aux alentours de la

3. Niveau récifal continu formé de colonies très rapprochées de *Tarbellastraea* massives et de colonies mamelonnées de *Porites*. Le remplissage contient une faune assez abondante où domine le Bivalve *Lima*.

2. Calcaire crayeux à boules d'Algues où apparaissent, de manière isolée, quelques colonies de *Tarbellastraea* et de *Porites* encroûtées par les thalles de Mélobésiées.

1. Marno-calcaires blancs, tendres, localement chargés en Algues et en coquilles diverses (Pectinidae).

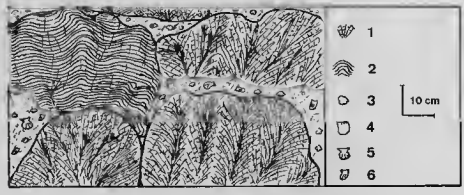
0. Grès calcaires d'Ain Tenikrent.

FIG. 32. — Carrière de Bled Ouled Boudjema.

Source : MNHN, Paris

carrière, sur le talus proche de la route. Les constructions présentent le même aspect qu'à Ain el Arba. Les morphologies massives dominent et avoisinent avec des ensembles coloniaux colonnaires.

La faune d'accompagnement se montre très variée avec un mélange de formes de substrat dur liées aux Madréporaires et de forme fouisseuses dans le sédiment de remplissage biodétritique à Algues (Fig. 33, Tabl. 8).



1 : *Porites*. 2 : *Tarbellastraea*. 3 : Mélobésiées. 4 : *Isognomon maxillatus*. 5 : Pectinidae. 6 : *Lima lima*.

FIG. 33 : Détail de constructions coralliennes (Bled Ouled Boudjema).

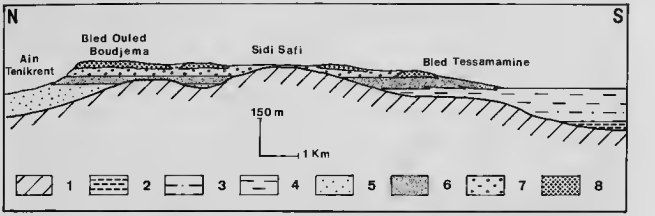
TABLEAU 8. — Faune du niveau récifal de la carrière du Bled Ouled Boudjema.

MADRÉPORAIRES	
Porites sp. (cf. *collegniana*)	*Tarbellastraea* sp.
BIVALVES	
Arca noae	*Linga columbella*
Acar clathrata	*Codakia* sp.
Barbatia barbata	*Cardita calyculata*
Barbatia subhelbingi	*Cardita ?* sp.
Botula fusca	*Cardites antiquatus*
Lithophaga lithophaga	*Acanthocardia* cf. *aculeata*
Isognomon maxillatus	*Lutraria angustior*
Chlamys pusio	*Tellina planata*
Chlamys linguafelis	*Gastrana fragilis*
Aequipecten seniensis	*Venus multilamella*
Aequipecten opercularis	*Periglypta miocenica*
Pecten aduncus	*Callista* sp.
Spondylus gaederopus	*Tapes ?* sp.
Lima lima	*Gari ?* sp.
Hyotissa hyotis	*Jouannetia tournoueri*
Ostrea lamellosa	
GASTÉROPODES	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Conus* sp.
Turritella subarchimedis	*Cymatium affine*
Turritella cf. *terebralis*	*Ficus* sp.
Turritella sp.	*Semicassis* sp.
Cypraea sp. 2	Volutidae indéterminé
Strombus coronatus	
ÉCHINIDES	
Cidaris sp.	Radioles abondants
Brissus cf. *unicolor*	
DIVERS	
Bryozoaires	Crustacés Balanidae : *Creusia oraniensis*
Serpulidae	Crustacés Décapodes : nombreux articles et pinces

Source : MNHN, Paris

Conclusion

La répartition des faciès récifaux dans le secteur de Sidi Safi montre une dissymétrie N-S, déjà observée dans les environs du Djebel Skouna (Fig. 34). Vers le Sud, la sédimentation d'abord continentale et lagunaire indique ensuite un environnement peu profond avec dépôt de marnes sableuses à la base des formations calcaires. Vers le Nord, les sédiments de base, représentés par des grès calcaires fossilifères où abondant *Clypeaster*, sont détritiques et très littoraux. Lors du mouvement transgressif messinien, la région de Sidi Safi a donc constitué un haut-fond, gagné progressivement par la mer et propice à l'installation d'une sédimentation calcaire de plate-forme. Les niveaux algaires, en égalisant et en effaçant le paléorelief, ont servi de base à une édification récifale corallienne. Celle-ci se réalise selon deux modalités : corps récifaux (« patchs ») de dimension pluridécamétrique, circonscrits au sein des couches à Mélobésiées, ou niveaux peu épais mais très étendus, en position sommitale.



1 : Substratum anté-miocène. 2 : Couches rouges continentales. 3 : Marnes laguno-marines. 4 : Marnes marines. 5 : Grès littoraux. 6 : Calcaire blanchâtre. 7 : Calcaire à Mélobésiées. 8 : Constructions coralliennes.

FIG. 34. — Schéma de répartition des faciès messiniens du plateau de Sidi Safi.

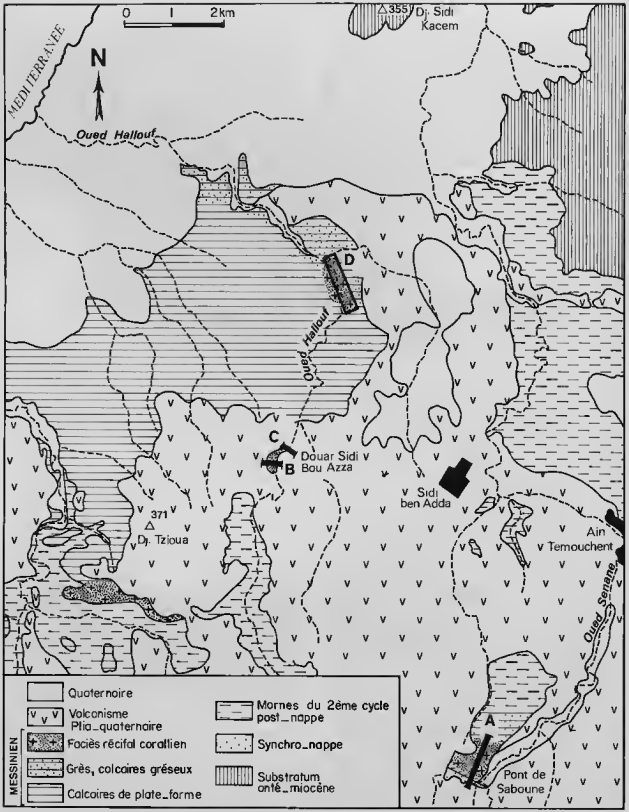
LE PLATEAU DES OULED BEN ADDA

Introduction

Le plateau des Ouled ben Adda s'étend au NW de la ville d'Ain Temouchent (Fig. 35). Il se relie à celui de Sidi Safi vers l'Ouest. Il est recoupé par différents oueds qui se jettent dans la Méditerranée. L'Oued Hallouf le limite dans le secteur nord-oriental. Vers le Sud et le SE, il est prolongé par la région volcanique quaternaire d'Ain Temouchent où plusieurs cratères sont encore visibles. Comme dans le secteur de Sidi Safi, il est constitué d'une formation en général calcaire qui n'affleure bien que dans certains oueds (Oued Hallouf en particulier). Au SE, sous les épanchements volcaniques récents, s'individualisent plusieurs corps récifaux coralliens n'apparaissant qu'à la faveur de l'ouverture de carrières ou de quelques ravins. Sauf vers le Sud où affleurent largement les marnes du deuxième cycle post-nappe jusqu'à la chaîne des Sebaa Chioukh, les formations de base des calcaires messiniens ne sont pas visibles.

Les travaux réalisés dans ce secteur ne mentionnent que très succinctement les calcaires à Madréporaires. GENTIL (1903) cite les calcaires à Polypiers du Miocène supérieur sous les produits volcaniques du Tzioua et les affleurements du Marabout Sidi Moulai Mostefa, sur les berges de l'Oued Hallouf. Ces propos sont repris par SADRAN (1952, 1958). Plus récemment quelques études ont été réalisées sur le récif du Douar Sidi bou Azza (CHAIX, 1982 ; CHAIX & SAINT MARTIN, 1980a, b ; SAINT MARTIN *et al.*, 1985) et abordent plus particulièrement les aspects paléontologiques et diagénétiques.

Source : MNHN, Paris



A : Fig. 13. B : Fig. 37. C : Fig. 38. D : Fig. 39.

Fig. 35. — Carte de répartition des faciès miocènes à l'Ouest d'Ain Temouchent (d'après Guardia, 1975).

Source : MNHN, Paris

La carrière de Tzioua

Description

Le Djebel Tzioua (372 m) est un cône volcanique préservé du Quaternaire. En son centre une dépression correspond au cratère du volcan. Sur le flanc sud une importante carrière, encore en activité, entaille un ensemble récifal dont l'observation est rendue possible par des fronts de taille conséquents diversement orientés. La base de la carrière atteint des niveaux sableux à microfaune benthique indiquant un milieu peu profond (*Borelis melo, Ammonia, Cibicides, Elphidium...*). Un peu plus au Sud, affleurent les marnes typiques du deuxième cycle.

La formation récifale se présente en fait sous forme d'un corps construit, assez complexe dans le détail, assez bien délimité et dont l'extension sous le volcan ne peut cependant être précisée (Fig. 36). Les constructions coralliennes constituent des lentilles plus ou moins allongées correspondant à plusieurs épisodes, généralement séparés par une phase d'accumulation biodétritique. Latéralement l'édifice passe à des niveaux à Vermets et des marno-calcaires blanchâtres qui comportent localement des accumulations de coquilles. Le toit de l'ensemble construit est recouvert par une couche finement biodétritique à éléments du récif et surmontée elle-même par une barre plus dure, contenant toujours des éléments récifaux.

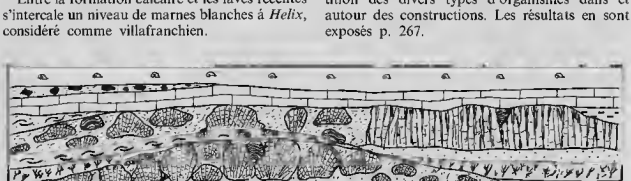
Entre la formation calcaire et les laves récentes s'intercale un niveau de marnes blanches à *Helix*, considéré comme villafranchien.

Les constructions

Le genre *Tarbellastraea*, constructeur principal, développe de spectaculaires colonies colonnaires étroitement serrées et formant un véritable « mur » haut de quelques mètres. Ces piliers présentent globalement une inclinaison constante vers le Nord. Cependant latéralement on passe à des ensembles aux colonies massives de la même espèce, moins denses et englobées dans un sédiment marno-calcaire renfermant de nombreuses Huîtres ; les Bivalves lithophages y sont très nombreux et volumineux à la périphérie du squelette corallien. Localement des colonies hémisphériques de *Siderastraea* accompagnent les constructions à *Tarbellastraea* en colonnes, tandis que les colonies de *Porites* cf. *collegniana* occupent préférentiellement les espaces laissés libres entre deux colonnes.

La faune récifale

L'analyse des microfaunes, avec notamment la présence de *Borelis melo* et l'abondance de Milioles, révèle un environnement de plate-forme peu profonde sans doute propice à l'élaboration récifale, mais aussi à la prolifération d'organismes utilisant les diverses possibilités du milieu (Tabl. 9). Une abondante récolte a permis d'effectuer des analyses quantitatives précisant la répartition des divers types d'organismes dans et autour des constructions. Les résultats en sont exposés p. 267.



1 : Sables calcaires. 2 : Colonies massives de *Tarbellastraea*. 3 : Colonies colonnaires de *Tarbellastraea*. 4 : *Porites* lamellnire. 5 : Niveaux à Vers et Vermets. 6 : Calcaires biodétritiques lumachelliques. 7 : Marnes. 8 : Marno-calcaires blanchâtres. 9 : Calcaire à éléments récifaux. 10 : Marnes blanches à *Helix*.

FIG. 36. — Schéma d'agencement des faciès récifaux de Tzioua.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 9. — Faune récifale de Tzioua.

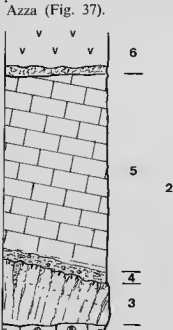
FORAMINIFÈRES BENTHIQUES	
Textularia halkyardi	*Cibicides lobatulus*
Textularia articulata	*Ammonia beccarii*
Triloculina trigonula	*Ammonia punctato-granosa*
Triloculina angularis	*Elphidium crispum*
Sinuloculina consobrina	*Elphidium macellum*
Sinuloculina nitens	*Elphidium subumbilicatum*
Pyrgo oblonga	*Nonion commune*
Borelis melo	*Heterolepa dertonensis*
Asterigerina planorbis	
MADRÉPORAIRES	
Tarbellastraea reussiana	*Siderastraea* sp.
Acanthastrea sp.	*Porites* aff. *collegniana*
BIVALVES	
Arca noae	*Chama gryphoides*
Barbatia barbata	*Pseudochama gryphina*
Barbatia subhelbingi	*Cardita calyculata*
Acar clathrata	*Glans intermedia*
Anadara turonica	*Cardites antiquatus*
Striarca lactea	*Cardium ?* sp.
Glycymeris bimaculata	*Lutraria angustior*
Mytilus scaphoides	*Tellina planata*
Mytilus cf. *galloprovincialis*	*Arcopagia crassa*
Modiola adriatica	*Gari ?* sp.
Lithophaga lithophaga	*Gastrana fragilis*
Botula fusca	*Leporimetis papyracea*
Isognomon maxillatus	*Venus multilamella*
Chlamys pusio	*Periglypta miocenica*
Chlamys linguafelis	*Pelecyora islandicoides*
Aequipecten seniensis	*Dosinia exoleta*
Pecten aduncus	*Dosinia orbicularis*
Spondylus gaederopus	*Paphia vetula*
Lima lima	*Tapes basteroti*
Limaria tuberculata	*Coralliophaga lithophagella*
Ostrea sp.	*Caryocorbula cocconi*
Codakia decussata	*Gastrochaena dubia*
Codakia sp.	*Jouannetia tournoueri*
Diplodonta rotundata	*Panopea menardi*
GASTÉROPODES	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Strombus coronatus*
Clanculus cf. *cruciatus*	*Cypraea* sp.
Architectonica sp.	cf. *Cymatium affine*
Turritella cf. *terebralis*	*Cymbium* cf. *pepo*
Vermetus sp.	*Conus mercati*
Thericium vulgatum	*Conus* sp.
Cheilea sp.	
ÉCHINODERMES	
Échinides : *Psammechinus* cf. *rugosus*	Pièces brachiales d'Ophiures
radioles divers	
CRUSTACÉS	
Balanidae : *Creusia oraniensis*	Décapodes : nombreux articles
Balanus sp.	
DIVERS	
Serpulidae	« becs » de Céphalopodes
Bryozoaires	Poissons : *Sphaerodus (?)* sp.
Brachiopodes : *Argyrotheca* cf. *neapolitana*	

Source : MNHN, Paris

Le Douar Ouled Sidi bou Azza

Description

Au Nord du Djebel Tzioua, l'Oued Hallouf recoupe, sous les épanchements basaltiques, des niveaux calcaires exploités anciennement dans une belle carrière qui alimentait des fours á chaux, á proximité immédiate du Douar Ouled Sidi bou Azza (Fig. 37).



6. Volcanisme quaternaire : cendres, laves.

5. Calcarénite rosâtre, lités. La base est encore fossilifère avec des grosses coquilles d'Huîtres, de Pectinidae et quelques Algues. Puis le dépôt devient plus cohérent et le litage est souligné par endroit par quelques débris de coquilles.

4. Lumachelle à Algues. Constituée de l'accumulation de très nombreuses coquilles, elle recouvre uniformément le récif et comporte quelques trés rares éléments de Coraux (*Porites* notamment).

3. Corps construit à *Tarbellastraea*. Son épaisseur maximum ne dépasse pas 4 m. Il se réduit latéralement pour disparaître au sein de la masse de calcaires lités. Le bâti apparaît extrêmement dense, formé par la coalescence de colonnes de *Tarbellastraea*. Dans le tiers supérieur, le remplissage intercolonial se charge en Algues calcaires. Le sommet est activement taraudé par des lithophages.

2. Calcaire tendre, localement pulvérulent, renfermant des colonies isolées (ou des fragments ?) de Madréporaires.

1. Calcaire gris lumachellique (petites coquilles). La base n'est pas visible.

FIG. 37. — Coupe de la carrière de Sidi bou Azza.

Le corps récifal, bien circonscrit, affecte la forme d'une lentille dont l'extension avoisine 100 m, avec une hauteur maximale ne dépassant pas 4 m. Quelques études en ont précisé la structure et la composition (CHAIX & SAINT MARTIN, 1980a, b ; CHAIX, 1982). L'essentiel de la construction est assuré par une seule espèce de Madréporaire, *Tarbellastraea reussiana*, aux colonies cylindriques, subverticales (on note une inclinaison générale vers le Sud), souvent coalescentes. Ces colonnes, trés denses, peuvent atteindre 2 á 3 m de hauteur pour 10 cm de diamétre en moyenne. Dans les espaces intercoloniaux et dans le remplissage on trouve des colonies lamellaires á subdendroïdes de *Porites* aff. *collegniana*. La présence trés discrète de *Siderastraea crenulata* est á signaler également. La nature de l'armature corallienne lui confére une homogénéité et une compacité remarquable renforcées par l'abondance des Algues calcaires dans le tiers supérieur du remplissage.

A l'affleurement les colonies de Madréporaires présentent un aspect particulier, blanc, saccharoïde. En effet les processus diagénétiques (dissolutions et recristallisations) ont fortement affecté l'état de conservation des microstructures coralliennes. Ceci est vrai bien sûr pour le calcaire de remplissage, souvent pulvérulent, et les niveaux sus-jacents.

Le contenu paléontologique

La structure même de l'armature restreint l'importance du remplissage. A la base les fossiles sont rares et disséminés dans une matrice calcaire tendre. Vers le sommet apparaissent des Mélobésiées de maniére uniforme. La faune devient alors un peu plus abondante et diversifiée. Ce fait prend tout son intérêt si l'on considére l'évolution de la communauté récifale. Effectivement, c'est un nouveau biotope qui se met en place á partir du moment oú les Algues représentent l'élément le plus important du remplissage (Tabl. 10). Les Coraux développant essentiellement une croissance verticale, les parties vivantes des colonies sont situées vers le haut tandis que le bas se nécrose progressivement. Ceci explique la fréquence des perforations de Bivalves. Les représentants de l'espéce *Lithophaga lithophaga* se disposent perpendiculairement á l'axe des colonies, mais dans le sens de l'allongement des polypiérites, zone de moindre

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 10. — Faune des niveaux calcaires du Douar Ouled Sidi bou Azza.
1 : Niveau infra-récifal ; 2 : Corps construit à Madréporaires ; 3 : Lumachelle ; 4 : Calcaire lité supérieur.

FORAMINIFÈRES			
Quinqueloculina laevigata	2	*Cibicides lobatulus*	2
Quinqueloculina sp.	2, 3, 4	*Planorbulina* sp.	2
Triloculina oblonga	3	*Ammonia punctato-granosa*	2
Triloculina sp.	2	*Ammonia* sp.	2
Spiroloculina sp.	2, 3	*Elphidium aculeatum*	2
Borelis melo	2	*Elphidium macellum*	2
Guttulina cf. *bulloides*	3	*Elphidium crispum*	1, 2, 4
Asterigerina carinata	2, 3	*Nonion* sp.	2
Rosalina sp.	2	*Globulina gibba*	1
Polymorphinidae	2		
OSTRACODES			
Bairdia sp.	2, 4	*Urocythereis* sp.	2
Paracypris sp.	4	*Ruggiera tetraptera*	2, 4
Mutilus sp.	2	*Xestoleberis* sp.	2
Tenocythere salebrosa	2		
MADRÉPORAIRES			
Tarbellastraea reussiana		*Siderastraea crenulata*	
Porites aff. *colleguiana*			
BIVALVES			
Barbatia barbata	2	*Chama gryphoides*	2
Acar clathrata	2	*Cardita calyculata*	2
Glycymeris bimaculata	3	*Cardita* cf. *partschi*	4
Lithophaga lithophaga	2, 3	*Cardium ?* sp.	3
Chlamys pusio	2	*Lutraria lutraria*	3
Chlamys linguafelis	2	*Lutraria angustior*	3, 4
Lima lima	2	*Tellina ?*	3
Ostrea sp.	2	*Venus multilamella*	3, 4
Linga columbella	3, 4	*Dosinia exoleta*	2, 3
Codakia decussata	4	*Paphia vetula*	3, 4
Lucina (s.l.) sp.	3	*Tapes basteroti*	2, 3, 4
Diplodonta rotundata	2, 3, 4	*Jouannetia tournoueri*	2
GASTÉROPODES			
Clanculus sp.	2, 3, 4	*Polinices* sp.	2
Alvania sp. 1	2	*Columbella* cf. *fallax*	2
Alvania sp. 2	2	*Cymbium* sp.	2
Turritella cf. *terebralis*	3, 4	*Conus puschi*	2
Turritella sp.	3	*Conus* cf. *dujardini*	2
Vermetus sp.	2	*Conus* sp. 2	2
Cheilea sp.	2	*Cymatium affine*	2
ÉCHINIDES			
Psammechinus subrugosus	2	Radioles divers	
CRUSTACÉS			
Décapodes : *Upogebia ?* sp.	2, 3	Balanidae : *Creusia oraniensis*	2
cf. *Anapagurus*	2		
DIVERS (Récif)			
Serpulidae		Brachiopodes : *Argyrotheca* cf. *neapolitana*	
Bryozoaires		Dents de Poissons : *Sparus* sp.	

Source : MNHN, Paris

résistance à la perforation. Ainsi au fur et à mesure de la croissance du Madréporaire, les parties du squelette abandonnées par les tissus vivants sont aussitôt taraudées. On sait que ce processus permet de remettre en circulation des débris calcaires fins qui vont participer au colmatage des vides.

La microfaune indique un environnement de plate-forme interne avec notamment pour les Foraminifères la prédominance des Miliolidae et la présence de l'espèce *Borelis melo*...

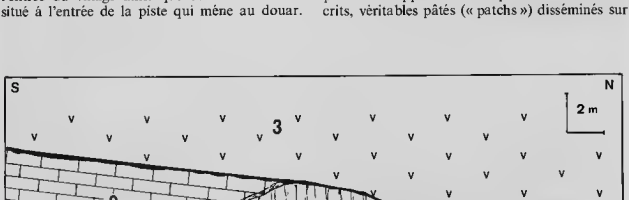
Les autres affleurements au Douar Ouled Sidi bou Azza

Tout autour du village même, d'autres corps récifaux semblables à celui de la carrière, mais de dimension plus modeste, sont observables. A proximité de la carrière une petite masse apparaît emballée dans des calcaires lités et coiffée par les basaltes quaternaires (Fig. 38). Sa largeur peut être évaluée à une trentaine de mètres. Comme dans la carrière l'armature coloniale, dûe à *Tarbellastraea*, s'avère très compacte, formée de colonnes verticales serrées (2 à 3 m de hauteur). On note cependant l'existence de quelques colonies plus massives, en éventail, de la même espèce corallienne. Cette disposition se retrouve dans une petite carrière à l'entrée du village ainsi que dans un ravineau situé à l'entrée de la piste qui mène au douar.

Conclusion

Dans le secteur du Douar Ouled Sidi bou Azza l'activité corallienne se manifeste par la construction d'édifices bien délimités au bâti très rigide et dont les vides sont colmatés dans la partie supérieure par des Algues calcaires. La structure colonnaire développée par *Tarbellastraea reussiana* ne laisse que peu d'espace entre les colonies. La croissance corallienne a été stoppée nettement, comme en témoignent les nombreuses perforations au sommet de l'édifice et la surface d'arasion qui nivelle celui-ci. La cause n'en est pas aisée à déterminer, sans doute peut-on invoquer des variations relatives du niveau de la mer. Les dépôts qui fossilisent le récif, d'abord la lumachelle apparemment locale, puis les calcarénites sembleraient l'indiquer sans que cela constitue une explication définitive. Il est d'ailleurs à remarquer que les autres corps récifaux sont également ennoyés dans les calcaires lités. L'inclinaison, statistiquement mesurée, constante des colonnes coralliennes vers le Sud pose également problème. S'agit-il d'une disposition imputable à l'existence de courants conséquents balayant la plate-forme ?

Le dispositif constaté sur cette partie du plateau des Ouled ben Adda indique un environnement de type plate-forme interne où la sédimentation essentiellement calcaire se caractérise par le développement de corps coralliens circonscrits, véritables pâtés (« patchs ») disséminés sur



1 : Construction à *Tarbellastraea*. 2 : Calcaires lités. 3 : Basaltes quaternaires.
FIG. 38. — Schéma d'un petit corps construit (Douar Ouled Sidi bou Azza).

Source : MNHN, Paris

le plateau et ennoyés ultérieurement de dépôts calcarénitiques au litage marqué.

La vallée de l'Oued Hallouf

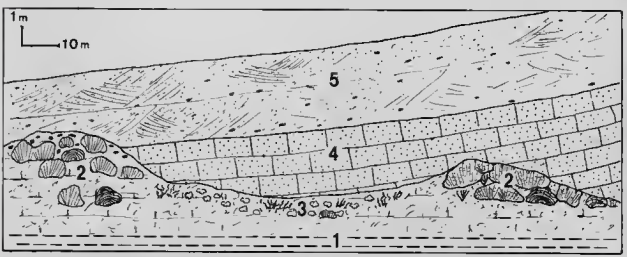
A partir du Douar Ouled Sidi bou Azza, les seuls affleurements observables se rencontrent plus en aval, dans la vallée de l'Oued Hallouf. Il s'agit le plus souvent de calcaires lités grossiers, plus ou moins lumachelliques présentant un léger pendage vers le Nord. Sous celui-ci apparaît, au niveau d'un affleurement très limité, un faciès particulier, un calcaire granuleux entièrement constitué en fait de l'accumulation de Foraminifères : *Borelis melo* et Miliolés en grande quantité. Plus vers le Nord, les calcaires lités font place à une formation oolithique à stratifications obliques.

Plus en aval de l'Oued Hallouf vers le Nord, sous le Marabout Sidi Moulay Mostefa, un gisement signalé par GENTIL (1903) renferme de nouveau des Madréporaires (Fig. 39). Les constructions s'élaborent sur des marnes peu visibles à microfaune littorale. Des colonies de *Tarbellastraea* et de *Porites* forment l'armature et semblent fréquemment basculées. Latéralement à ces constructions, dont on ne voit pas bien les limites et la structure, s'étendent des niveaux à Algues et Vers. Au-dessus viennent des calcaires gréseux qui montrent progressivement un litage net et des stratifications obliques et comportent de nombreux galets roulés. Cet environnement détritique est souligné par la présence d'un conglomérat à éléments coralliens (peu déplacés) et galets arrondis (roches vertes, calcaire secondaire).

De toute évidence, l'influence littorale s'avère ici très manifeste. Elle est liée à la proximité, au NE de petits massifs, formant des reliefs au Messinien (Djebel Sidi Kassem) et qui ont fourni le matériel détritique.

GENTIL (1903) avait récolté un certain nombre d'espèces sans en préciser la provenance (notamment *Pecten benedictus, Arca turonica, Cardium, Glycymeris*). Dans les constructions coralliennes on trouve en plus : *Striarca lactea, Botula fusca, Lithophaga lithophaga, Chlamys pusio* pour les Bivalves, et *Haliotis* cf. *tuberculata, Conus* sp. pour les Gastéropodes. Les marnes de base légèrement sableuses contiennent des Foraminifères benthiques (*Triloculina, Ammonia beccarii, Elphidium crispum*), des fragments de Pectinidés et quelques coquilles de Dentales.

Vers le Nord, sur la rive droite de l'Oued Hallouf et vers l'Est, les calcaires messiniens disparaissent sous les épanchements volcaniques et les dépôts du Quaternaire.



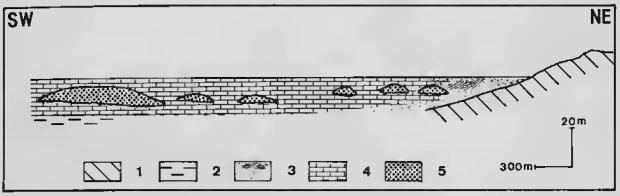
1 : Marnes de base. 2 : Constructions à Madréporaires localement conglomératiques (cgt)
3 : Niveaux à Vers et Algues. 4 : Calcaire gréseux 5 : Grès à stratifications obliques.

FIG. 39. — Schéma de répartition des faciès au Marabout Sidi Moulay Mostefa (Oued Hallouf).

Source : MNHN, Paris

L'activité récifale sur le plateau des Ouled ben Adda

Ainsi l'activité récifale corallienne dans ce secteur est influencée par l'environnement sédimentaire et la paléotopographie (Fig. 40). Vers le Sud, les marnes du deuxième cycle post-nappe se sont déposées dans une dépression. Plus vers le Nord, s'installe un régime de plate-forme carbonatée interne qui permet le nivellement des reliefs pré-existants. Les Madrèporaires, et surtout le genre *Tarbellastraea*, édifient des masses assez bien circonscrites de dimensions limitées (100 m en moyenne) qui sont en général noyées dans des niveaux calcarénitiques. Vers le Nord et le NE, en direction des reliefs émergés, la sédimentation devient plus détritique et gréseuse.



1 : Substratum secondaire. 2 : Marnes du deuxième cycle et marno-calcaire. 3 : Grès.
4 : Calcarénites et calcaire péri-récifal. 5 : Constructions coralliennes.

FIG. 40. — Schéma de répartition des édifices coralliens sur le plateau des Ouled ben Adda.

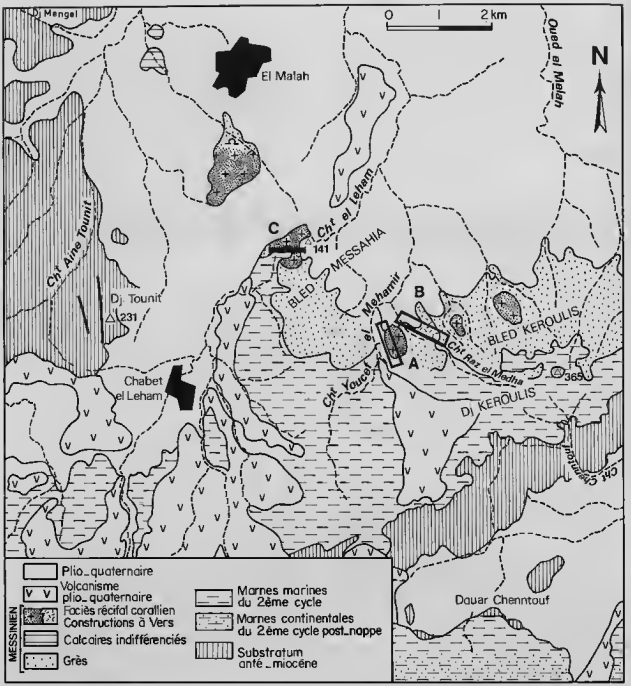
LE SECTEUR BLED KEROULIS — EL MALAH

Introduction

Au NE d'Ain Temouchent le Djebel Keroulis constitue la partie occidentale de la chaîne des Tessala. Sur son flanc septentrional, qui s'incline en pente douce vers la plaine d'El Malah (à l'extrémité de la grande Sebkha d'Oran), divers affleurements de calcaires récifaux peuvent s'observer (Fig. 41). Au Bled Keroulis ils se réduisent à un mince niveau sommital. Plus vers le Sud, les recouvrements plio-quaternaires les limitent à quelques pointements isolés.

Le premier, POMEL (1889) signale, autour d'îlôts schisteux au Nord du Rio Salado (Oued el Malah) et du Chabet el Leham, des « traînées de Polypiers avec *Solenastraea* » qu'il rattache au groupe helvétien. GENTIL (1903) décrit plusieurs assises dont des calcaires gréseux intercalés à la partie supérieure de marnes à lits gréseux. Du matériel extrait d'un puits, il détermine «*Heliastraea ellisiana, Venus cothurnix, Cardium turonicum, Tapes vetula, Panopea* sp. et *Trochus patulus* », espèces caractéristiques pour lui de l'Helvétien. GUARDIA (1975) assimile les niveaux à Polypiers à la formation calcaire sommitale messinienne et classe dans le Pliocène des dépôts continentaux qui les recouvrent. BELLON *et al.* (1984) donnent des éléments de datation particulièrement importants. En effet les tufs rhyolitiques du Douar Chentouf (Sud du Keroulis), intercalés dans les formations continentales de la base du deuxième cycle post-nappe sont datés par ces auteurs de 7,9 ± 0,4 M.a. Il s'ensuit que les marnes transgressives, puis les calcaires du deuxième cycle s'insèrent bien dans la fourchette de temps généralement admise pour le Miocène terminal (Tortonien supérieur-Messinien).

Source : MNHN, Paris



A : Fig. 42. B : Fig. 43. C ; Fig. 44.

Fig. 41. — Carte de répartition des faciès du Néogène dans le secteur Bled Keroulis-El Malah (d'après Guardia, 1975).

Source : MNHN, Paris

Le Bled Keroulis

Le Djebel Keroulis montre, directement sur son flanc nord, des affleurements recoupés par quelques chabets qui rejoignent l'Oued el Malah. Une coupe relevée le long du Chabet Mehamir (Fig. 42) rencontre les niveaux suivants (de bas en haut), présentant un pendage de l'ordre de 10° à 20° vers le Nord :

* Grès grossiers en bancs massifs ;
* Grès plus fins comportant de rares colonies isolées de *Porites* (15 m avec la couche précédente) ;
* Sables et marnes sableuses renfermant quelques coquilles (3-4 m) ;
* Lumachelle calcaréo-gréseuse ;
* Niveau construit à Madréporaires.

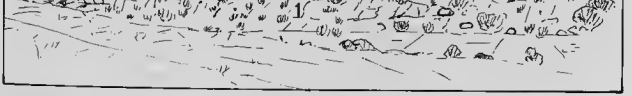
1 : Grès. 2 : Marnes sableuses. 3 : Lumachelle et calcaire corallien.

FIG. 42. — Panorama au Chabet Youcef el Mehamir (section de 300 m environ).

Le niveau sommital construit constitue un banc de faible épaisseur (1 à 2 m), mais de grande extension, sans morphologies apparentes, où dominent des colonies lamellaires de *Porites* et des colonies massives de Faviidae peu déterminables génériquement. La faune d'accompagnement s'avère rare ou très mal conservée, ce qui est également le cas de la lumachelle peu épaisse sous-jacente et qui a probablement fourni la faune citée par Gentil.

Sur la rive droite du Chabet Raz el Medhal, affleurent des niveaux calcaires à ooïdes renfermant des constructions à Annélides tubicoles, probablement des Serpulidae (Fig. 43). Celles-ci se développent sur une grande superficie, atteignant localement 1 à 2 m de puissance et sont formées de la coalescence d'innombrables petits tubes à disposition verticale. Curieusement, la structure élaborée rappelle celle des colonies de *Tarbellastraea*. Ces niveaux reposent, comme le banc corallien, sur les couches gréseuses.

Vers le Nord, toutes ces formations disparaissent sous le Pliocène continental. Quelques carrières permettent cependant de retrouver partiellement les niveaux gréseux.



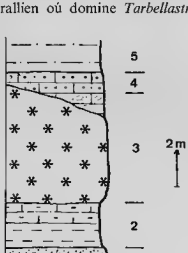
1 : Calcaire à ooïdes. 2 : Construction à Vers tubicoles.

FIG. 43. — Panorama de la rive droite du Chabet Raz el Medhal (section de 150 m environ).

Source : MNHN, Paris

Les affleurements du Bled Messahia

Au NE de la ville de Chabet el Leham, la route qui méne au Hammam bou Hadjar, recoupe le long du Chabet el Leham, divers niveaux semblables (Fig. 44). Sur la rive droite, une petite falaise (pt 141) permet d'observer un édifice corallien où domine *Tarbellastraea.*



5. Recouvrement plio-quaternaire.

4. Calcaire microvacuolaire, localement oolithique.

3. Corps construit à Madréporaires (*Tarbellastraea* surtout) passant latéralement à des calcaires en bancs lités.

2. Marno-calcaire blanchâtre, plus tendre à la base, renfermant quelques restes de Bivalves fouisseurs et des Foraminifères benthiques (*Ammonia, Cibicides*).

1. Grés, non visibles à la base même de la falaise, mais observables sur l'autre rive du chabet.

FIG. 44. — Coupe synthétique au niveau du Bled Messahia.

Bien que les conditions d'affleurement ne permettent pas de l'affirmer, il semble que l'édifice corallien soit bien individualisé et donc d'extension limitée. Les colonies y sont trés denses, trés enchevêtrées. La croissance s'effectue apparemment dans plusieurs sens, donnant l'impression, par endroit, de véritables « draperies » coralliennes. Participent également, mais en moins grande proportion d'autres Madrèporaires : *Porites* lamellaire et *Acanthastrea*. Parmi la faune d'accompagnement, rare et mal conservée, on ne peut guére citer que *Ostrea*, quelques Pectinidae indéterminables et les habituels organismes liés au substrat dur corallien (*Lithophaga lithophaga, Creusia oraniensis*, Serpulidae et Bryozoaires).

* ***Remarque :*** A la surface des colonies on observe assez fréquemment des petits encroûtements ondulés et striés eux-mêmes recouverts par des tubes de Vers et des Bryozoaires. Il s'agirait peut-être de voilages d'origine cyano-bactérienne, ou endostromatolithes, entourant d'une pellicule les parties nécrosées du squelette madréporique et comblant de fins interstices (MAURIN, communication personnelle). Ce phènomène, mis en évidence récemment, a été évoqué pour d'autres édifices d'âges divers (MONTY, 1982 ; MONTY, 1986a, b).

Sur la rive gauche du Chabet el Leham, sur le flanc de petites collines, des champs cultivés renferment une grande quantité de blocs coralliens. Quelques bancs isolés affleurent d'ailleurs au milieu des champs. Directement dessous, on retrouve les grés de base du Bled Keroulis.

Les environs d'El Malah

Divers pointements de calcaires messiniens ont été cartographiés par GUARDIA (1975) un peu au Sud de la ville d'El Malah. Bien que l'on n'observe pas en général d'affleurements bien nets, on peut y soupçonner la présence de constructions coralliennes assez conséquentes sous le Quaternaire. Les blocs de Coraux abondent dans les champs de vigne. De grands tas de pierres sorties des champs cultivés sont composés en grande partie par des éléments récifaux avec surtout *Tarbellastraea* et plus rarement *Porites*. On y retrouve de plus des morceaux de calcaire á tubes de Vers tout á fait semblable á celui décrit plus haut au Bled Keroulis.

Plus prés d'El Malah, d'anciennes carriéres entaillent des niveaux calcaro-gréseux á stratifications obliques et comportant des passées á Mélobésiées, des lumachelles á Bivalves et de nombreux galets divers roulés.

D'autre part signalons qu'aux abords de la Sebkha d'Oran, au Nord d'El Malah un sondage a traversé les calcaires récifaux (P. VERDEIL, communication orale).

Conclusion

Dans tout le secteur situé au NE d'Ain Temouchent, l'épisode récifal corallien survient á

Source : MNHN, Paris

la suite d'une sédimentation détritique généralisée, probablement alimentée par l'arrière-pays et les reliefs proches des Djebels Tounit et Mendjel. Les édifices à Madréporaires se réduisent le plus souvent à un simple placage. Localement peuvent cependant se développer des masses à l'armature très dense et formant des lentilles au sein de calcaires en bancs. Un horizon de calcaire oolithique, admettant des bioconstructions à Serpulidae, recouvre partiellement l'ensemble. On en retrouve des témoins dans tout le secteur (diverses carrières entre le Djebel Keroulis et la ville d'El Malah), et également, plus à l'Est, sur les contreforts septentrionaux des Tessala jusque dans les environs de Tamzourah. Il semble dont que l'édification corallienne laisse place à une sédimentation qui suggère, notamment par la pauvreté du contenu paléontologique, un environnement relativement confiné.

ORANIE CENTRALE — LE LITTORAL ORANAIS

Présentation

Le cadre géographique

Anciennement désignée sous l'appellation de Sahel d'Oran, la région étudiée constitue, à l'Ouest d'Oran, une zone côtière orientée SW-NE (Fig. 45). Elle est caractérisée par une série de reliefs dont le plus important, le massif du Murdjadjo, présente un profil N-S nettement dissymétrique. En direction de la côte méditerranéenne, les reliefs apparaissent nettement plus abrupts tandis qu'ils s'inclinent plus doucement à l'intérieur, vers la dépression de la Sebkha d'Oran.

Les études réalisées

On doit à Pomel (1889) la première mise en place des grandes lignes stratigraphiques du tertiaire. C'est dans la région d'Oran qu'il établit définitivement son « Sahélien », auparavant assez mal défini. Gentil (1896, 1903) complète et précise les connaissances sur le Miocène, notamment dans le secteur du Cap Figalo. Une polémique va opposer alors une fois de plus Gentil (1917b, c) à Dalloni (1915b, c ; 1952) sur l'âge des calcaires du Cap Figalo. Les travaux de la carte géologique d'Oran permettent à Doumergue & Ficheur (1908) de tracer les contours des différents niveaux miocènes sans que soit bien comprise la complexité de l'agencement des faciès sur le Murdjadjo. Il en est de même pour la feuille des Andalouses (Doumergue, 1924). De tous ces travaux il ressort, malgré les erreurs et les imprécisions, que les calcaires sommitaux sont attribués à un Miocène très supérieur ou « Sahélien ». La présence de Polypiers est fréquemment évoquée, mais seulement pour le Cap Figalo.

Des études plus récentes vont apporter de nouvelles données intéressant la succession des cycles sédimentaires, l'activité volcanique et l'évolution structurale. Gourinard (1952, 1958) relie la sédimentation miocène à des mouvements verticaux, à l'origine de la surrection de horsts et établit la nouvelle carte géologique où les grands ensembles sont mis en place. Perrodon (1957) replace la géologie du Murdjadjo dans le cadre plus général du bassin du Chelif. Delfaud *et al.* (1973) établissent un modèle d'une sédimentation en bordure de marge carbonatée. Delfaud & Revert (1974), puis Revert & Thomas (1976) en fournissent des observations complémentaires.

En dehors du secteur du Cap Figalo, assez bien connu, aucune mention n'est faite de l'existence de Madréporaires constructeurs et donc d'édifices récifaux. C'est Rouchy (1979, 1980, 1982a, b) qui le premier met en évidence la présence d'un véritable récif corallien frangeant le Dj. Murdjadjo et qui confirme l'âge messinien de la série. Rouchy *et al.* (1982), Saint Martin (1984), Rouchy *et al.* (1986) précisent l'agencement des faciès inscrit dans le contexte de la « crise » messinienne.

Les travaux de Sadran (1952, 1958) abordent les caractères de l'activité volcanique miocène sur le littoral oranais. Bellon *et al.* (1984) apportent sur ce sujet de nouveaux résultats chronostratigraphique et biostratigraphique qui intéressent en particulier le cycle messinien.

Source : MNHN, Paris

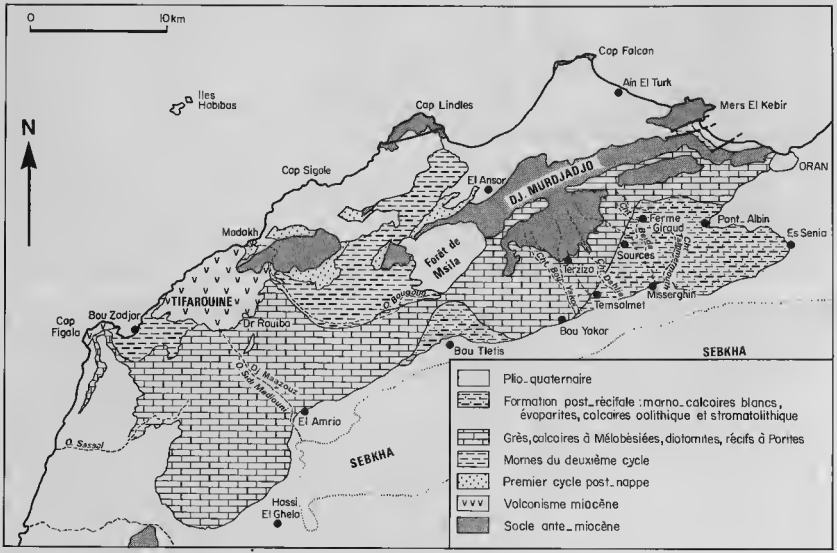


FIG. 45. — Carte géologique simplifiée du Littoral oranais.

Source : MNHN, Paris

FENET (1975), puis THOMAS (1985) esquissent l'évolution géodynamique de l'Oranie centrale et décrivent la sédimentation post-messinienne.

L'aspect paléontologique

L'étude d'ARAMBOURG (1927) sur les poissons fossiles d'Oran reste un modèle, car elle débouche sur des considérations paléoécologiques et paléogéographiques. Elle concerne les restes de Poissons, fort nombreux, recueillis dans les niveaux diatomitiques des environs d'Oran et dans le Bas Chelif (Sig). En ce qui concerne les Invertébrés, on dispose de données souvent imprécises. Dans la région du Cap Figalo GENTIL (1903) livre quelques listes d'organismes liés aux faciès calcaires, DALLONI (1915c, 1952) également, mais en fonction de l'âge supposé pliocène des mêmes niveaux. VAN STRAELEN (1934, 1936) par l'examen des Crustacés Décapodes, provenant notamment des marnes jaunes des Planteurs, rejoint ARAMBOURG dans ses conclusions. L'analyse de la macrofaune (ROGER, 1942), puis de la microfaune (ROGER *et al.*, 1943) du Sahélien d'Oran n'apportent que peu d'éléments, compte tenu de l'imprécision des lieux et des niveaux de prélèvement.

Plus récemment, MOISSETTE (1984, 1988) définit les associations de Bryozoaires dans divers gisements du Messinien (Cap Figalo, Murdjadjo). Le travail de FRENEIX *et al.* (1987a, b ; 1988) fournit des renseignements plus détaillés sur les Bivalves du Messinien pré-récifal et récifal de toute la région considérée.

Le contexte géologique : aperçu

Les caractéristiques de l'évolution de la région au Miocène supérieur seront analysées plus loin, par l'étude détaillée du complexe récifal du Djebel Murdjadjo. On peut brièvement établir la succession des événements. Le premier cycle post-nappe continental est suivi par une activité volcanique conséquente (Tifarouine) datée du Tortonien (BELLON *et al.*, 1984). Une transgression généralisée gagne les points hauts, induisant une sédimentation différenciée : grès, marnes bleues, diatomites, calcaires. De nombreux récifs coralliens s'installent alors sur des hauts-fonds ou frangent des reliefs isolés. Des fluctuations du plan d'eau entraînent la migration des corps récifaux vers le centre du bassin, puis leur disparition, annonçant l'installation de conditions évaporitiques plus favorables au développement de stromatolithes. Le Pliocène ne regagne par la suite que partiellement le domaine abandonné par la mer au cours de la crise messinienne. Des mouvements tectoniques plio-quaternaires affectent l'ensemble de la région.

CAP FIGALO — BOU ZADJAR

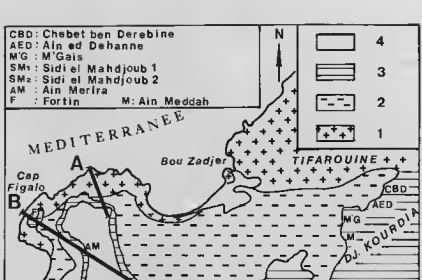
Introduction

Située dans la partie occidentale du littoral oranais, la petite baie de Bou Zadjar s'ouvre entre le massif volcanique du Tifarouine et le Cap Figalo (Fig. 46). Elle est ceinturée vers le Sud par une suite de plateaux aux rebords souvent escarpés qui se poursuivent jusque dans la plaine de la Sebkha d'Oran et butent vers l'Est sur les reliefs du Tifarouine. Le rebord de ces plateaux forment des falaises qui dominent la baie de Bou Zadjar dans le secteur occidental et représentent les calcaires supérieurs messiniens formés par des constructions à Algues et Coraux. Contre le massif du Tifarouine, sur le revers nord du Djebel Kourdia, affleurent des niveaux calcaro-gréseux dans lesquels s'individualisent des petites constructions à Madréporaires.

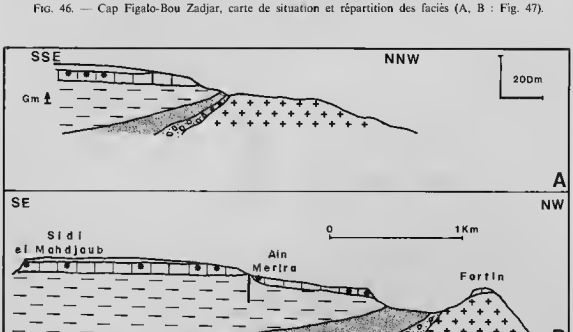
POMEL (1889) attribue au Pliocène les formations terminales du Cap Figalo et plus particulièrement un banc plus élevé à « ... polypiers où domine un *Solenastraea* ». Un désaccord, déjà évoqué, survient entre GENTIL (1896, 1903) et DALLONI (1915c, 1952) à propos de l'âge de ces formations. Le travail de GENTIL est de loin le plus complet et propose plusieurs coupes détaillées, avec des listes d'espèces. Le problème stratigraphique est résolu à la suite des données fournies par BELLON *et al.* (1984) : datation du volcanisme du Tifarouine (9,3 M.a.) et mise en évidence de marqueurs du Messinien dans les marnes sus-jacentes.

Au point de vue paléontologique on dispose des déterminations de POMEL (1889), GENTIL (1903), et DALLONI (1952), de quelques indications sur la macrofaune (ROGER, 1942) et les Bryozoaires (MOISSETTE, 1984, 1988).

Source : MNHN, Paris



1 : Volcanisme miocène. 2 : Marnes tortono-messiniennes. 3 : Calcaires messiniens. 4 : Plio-quaternaire.
FIG. 46. — Cap Figalo-Bou Zadjar, carte de situation et répartition des faciès (A, B : Fig. 47).



1 : Série andésitique. 2 : Brèche volcanique. 3 : Tufs cinéritiques. 4 : Marnes tortono-messiniennes
5 : Calcaires supérieurs. 6 : Constructions coralliennes 7 : Plio-quaternaire. Gm : *Globorotalia mediterranea*.
FIG. 47. — Coupes dans le plateau occidental du Cap Figalo, emplacements des principaux gisements.
A : D'après Bellon *et al.* (1984) ; B : D'après Sadran (1958).

Source : MNHN, Paris

Le plateau occidental

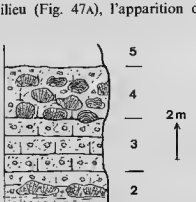
Données stratigraphiques

Largement ouvert vers le Sud, le plateau occidental se rétrécit en direction du Cap Figalo et ne forme qu'une langue étroite orientée NNW-SSE dont les rebords montrent des falaises calcaires. A partir de la baie de Bou Zadjar, il est assez aisé de suivre dans le paysage la succession des faciès. Aux formations volcaniques qui affleurent le long du rivage succède une série marneuse entaillée par de nombreux ravineaux. Ces marnes renferment, surtout vers la base, de très nombreux éléments détritiques (notamment des micas) empruntés à la formation précédente. La microfaune recueillie par BELLON *et al.* (1984) permet de situer la base de la série marneuse au moins dans un Tortonien élevé. Vers le milieu (Fig. 47A), l'apparition de *Globorotalia* cf. *mediterranea* indique un âge messinien (*s.s.*). Les barres calcaires sus-jacentes, qui tranchent nettement sur les marnes, appartiennent donc franchement au Messinien. Cette constatation prend toute son importance lorsqu'il s'agit de comparer les différentes formations récifales coralliennes du littoral oranais et d'expliquer les disparités observées.

La partie supérieure du plateau est recouverte de dépôts continentaux quaternaires à *Helix*. L'étude des calcaires récifaux ne peut donc s'effectuer que sur le pourtour où ils affleurent de manière plus ou moins continue. Trois gisements ont été plus particulièrement exploités : Sidi el Mahdjoub sur le rebord est, les abords du Cap Figalo et Ain Merira sur le rebord ouest (Fig. 47B).

Sidi el Mahdjoub

Dans les environs de Sidi el Mahdjoub, des barres calcaires forment saillie sur les marnes sous-jacentes. Les deux coupes relevées, respecti-



5. Plio-quaternaire à *Helix*.

4 Niveau récifal à grandes colonies de *Tarbellastraea* et *Porites* lamellaire. Les colonies, plutôt massives, hémisphériques sont denses sans être vraiment jointives. Le remplissage marno-calcaire contient des Mélobésiées.

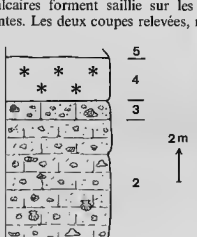
3. Calcaire à Algues encroûtantes et grosses coquilles de Bivalves (*Glycymeris, Isognomon*, Pectinidae, Huîtres).

2. Niveau corallien à *Tarbellastraea* et plus rarement *Porites*. Peu épais (1 à 2 m) il est constitué de colonies jointives à la surface supérieure souvent percée de lithophages. Il est entouré et recouvert d'un calcaire à Algues localement lumachellique (Fig. 50).

1. Marno-calcaire blanchâtre à Pectinidae et moules internes de *Ficus*.

0. Marnes vertes.

FIG. 48. — Les niveaux calcaires messiniens de Sidi el Mahdjoub 1.



5. Plio-quaternaire.

4 Masse construite à Madréporaires représentés essentiellement par *Tarbellastraea* en colonies massives et plus rarement *Porites*, aux formes lamellaires et mamelonnées, et *Acanthastrea*.

3. Niveau calcaire à Algues et colonies isolées en boules de *Tarbellastraea*.

2. Calcaire à rhodolithes riche en macrofaune renfermant *Clypeaster, Isognomon, Pecten, Ostrea*...

1. Marnes blanchâtres peu fossilifères.

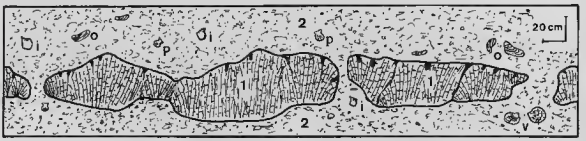
0. Marnes vertes.

FIG. 49. — Les niveaux calcaires de Sidi el Mahdjoub 2.

Source : MNHN, Paris

vement dénommées Sidi el Mahdjoub 1 (sous le pt 274) et Sidi el Mahdjoub 2 (sous le pt 255) et distantes d'environ 700 m, mettent en évidence des variations latérales dans la répartition des faciès (Fig. 48, 49).

On voit ainsi que les constructions corallienne se développent de manière assez irrégulière, constituant soit des niveaux ou bancs plus ou moins étendus et homogènes (Fig. 50), soit des masses plus réduites, apparemment bien circonscrites. Les relations antagonistes développées entre Mélobésiées et Madréporaires se traduisent par la succession de divers épisodes, la nécrose des colonies et leur intense taraudage, l'absence de création d'un édifice à morphologie nettement déterminée.



1 : Colonies de *Tarbellastraea*. 2 : Calcaire à Algues et Bivalves.
i : *Isognomon*. p : Pectinidae. o : *Ostrea*. v : Veneridae

FIG. 50. — Sidi el Mahdjoub : détail d'un niveau construit corallien

TABLEAU II. — Faune des niveaux calcaires supérieurs messiniens de Sidi el Mahdjoub.
1 : Constructions coralliennes ; 2 : Couches algaires.

MADRÉPORAIRES			
Tarbellastraea sp.		*Palaeoplesiastraea ?*	
Porites cf. *calabricae*		*Siderastraea* sp.	
Porites sp.		*Favites* sp.	
BIVALVES			
Anadara turonica	1	*Flabellipecten fraterculus*	2
Glycymeris bimaculata	1, 2	*Amussiopecten* sp.	2
Botula fusca	1	*Amusium cristatum*	2
Lithophaga lithophaga	1	*Spondylus crassicosta*	2
Isognomon maxillatus	1, 2	*Lima lima*	1
Chlamys pusio	1, 2	*Ostrea lamellosa offreti*	1, 2
Chlamys linguafelis	1, 2	*Glans intermedia*	1
Aequipecten seniensis	1, 2	*?Laevicardium*	1
Pecten bipartitus	1	*Venus multilamella*	1
Pecten aduncus	1, 2	*Pelecyora islandicoides*	1
Gigantopecten latissimus latissimus	1, 2	*Paphia vetula*	1
GASTÉROPODES			
Haliotis tuberculata		*Conus* sp.	
Cyprae sp. 2			
ÉCHINIDES			
Schizechinus sp.	1	*Clypeaster* cf. *pomeli*	2
DIVERS (Dans les constructions coralliennes)			
Serpulidae		Crustacés Balanidae : *Creusia oraniensis*	
Bryozoaires			

Source : MNHN, Paris

A partir de Sidi el Mahdjoub 2, vers le NW, les affleurements se réduisent. On peut toutefois distinguer dans les couches algaires des constructions plus ou moins étendues à *Tarbellastraea* et *Porites* lamellaire. Il s'agit souvent d'ensembles coloniaux complètement englobés dans le calcaire à Algues. On rencontre quelques colonies d'*Acanthastrea* parfois adhérentes à des colonies de *Tarbellastraea* et des boules de *Porites* (quelques cm à 1 dm de diamètre) disséminées. Les coquilles d'*Isognomon* abondent par endroit.

Les faciés à Algues et à Coraux étant souvent étroitement imbriqués la différenciation entre les associations faunistiques s'avère délicate et la liste donnée (Tabl. 11) n'en fournit qu'une répartition indicative. La faible représentation en Gastéropodes est assez significative ; c'est le cas en général pour les sédiments où les Mélobésiées montrent une grande activité. D'autre part, le bâti corallien, trop rigide et sans anfractuosités, ne semble guère convenir à l'implantation d'une communauté différenciée (comme par exemple à Sebaa Chioukh) de substrat dur.

Le Cap Figalo

La piste qui parcourt le plateau s'infléchit à son extrémité et redescend vers le Cap Figalo. GENTIL (1903) y décrit une coupe complète et donne une liste des fossiles recueillis dans les formations calcaires. Il est devenu difficile d'effectuer des études détaillées et suivies dans les environs du fortin coiffant le promontoire, pour des raisons « stratégiques ». Néanmoins, quelques observations et échantillonnages (Tabl. 12) permettent de reconstituer l'agencement des divers faciés (Fig. 47B, 51).

Face au fortin du Cap Figalo, le long de la piste, on peut suivre la succession des termes suivants, au dessus des cinérites et marnes vertes de base :

* Grés cinéritique à microfaune benthique rare et encroûtée (*Elphidium*) ;

* Calcaire gréseux à Algues et Bryozoaires. MOISSETTE (1984, 1988) y distingue une quarantaine d'espèces de Bryozoaires, avec notamment de très abondantes boules de *Calpensia nobilis* ainsi que *Myriapora truncata, Membranipora bobiesi, Onychocella angulosa*. On récolte également de nombreux Bivalves dont *Glycymeris bimaculata, Isognomon maxillatus, Aequipecten seniensis, Neopycnodonta navicularis, Ostrea* sp., *Venus multilamella, Panopea menardi*... :

* Masses coralliennes (pâtés) délimitées, développées à la partie supérieure de la couche précédente. On y observe surtout des colonies de *Tarbellastraea* et de *Porites* lamellaire. Sur le pourtour de ces masses, à l'intérieur d'un sédiment biodétritique lumachellique à Algues, apparaissent quelques colonies isolées des mêmes Coraux ;

TABLEAU 12. — Faune des constructions coralliennes du Cap Figalo.

MADRÉPORAIRES	
Porites cf. *calabricae*	*Tarbellastraea* sp.
Porites sp.	
BIVALVES	
Arca noae	*Codakia ?* sp.
Glycymeris bimaculata	*Chama gryphoides*
Lithophaga lithophaga	*Cardita vindobonensis*
Isognomon maxillatus	*Venus multilamella*
Aequipecten seniensis	*Paphia vetula*
Ostrea sp.	*Jouannetia tournoueri*
GASTÉROPODES	
Turritella vindobonensis	*Cheilea* sp.
Vermetus sp.	*Strombus coronatus*
Thericium vulgatum	*Conus mercati*
ÉCHINIDES	
Echinoneus lorioli	*Clypeaster* sp.
Echinolampas hemisphaerica	

Source : MNHN, Paris

1 : Grès cinéritiques. 2 : Calcaire gréseux à Algues. 3 : Masses construites à Madréporaires.
4 : Barres récifales coralliennes. 5 : Grès et sables pho-quaternaires.

FIG. 51. — Panorama schématique des falaises du Cap Figalo (échelle : fortin).

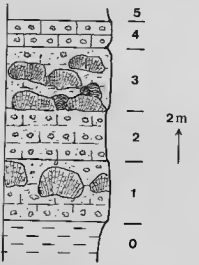
* Niveau construit continu à Madréporaires, formé par des ensembles coloniaux denses, souvent jointifs où se remarquent des morphologies mamelonnées ou grossièrement colonnaires élaborées par des *Porites* lamellaires ; un épaississement, très net vers l'extrémité pourrait correspondre à l'établissement d'un front récifal sur la pente externe d'une plate-forme ;

* Grès et sables post-messiniens.

Ain Merira

Sur le rebord occidental du plateau, les falaises calcaires décrites précédemment se poursuivent et présentent des affleurements intéressants aux alentours d'Ain Merira. Les constructions coralliennes reposent sans exception sur une semelle algaire parfois exclusivement constituée de rhodolithes denses, assurant une bonne cohésion à la couche (Fig. 52).

Un peu plus vers le Sud, les falaises prennent moins d'importance. A la base ce sont des marno-calcaires blanchâtres. La barre calcaire est plus réduite (3 m de puissance). Les Algues y prédominent tandis que les Madréporaires édifient des lentilles de 20 m d'extension environ sur 1 m d'épaisseur (Fig. 53). Sur les bords des lentilles coralliennes on trouve des colonies en boules de *Tarbellastraea*. Au delà vers le Djebel Ammar, l'ensemble passe latéralement à des marno-calcaires blanchâtres localement riches en Bryozoaires ou Brachiopodes et très répandus jusqu'à la Sebkha.



5. Couches rouges récentes.

4. Barre de calcaire à Algues bien individualisée.

3. Ensemble construit à Algues et Coraux. Les colonies de Madréporaires (*Tarbellastraea* et *Porites* lamellaire) s'associent pour former des lentilles assez étendues (Fig. 53) au sein d'un sédiment à dominante algaire et biodétritique. Quelques petites excavations à la base des masses coralliennes permettent d'observer le contact avec la couche sous-jacente.

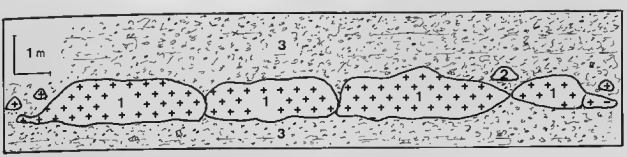
2. Calcaire à rhodolithes et Bryozoaires avec de nombreux Bivalves cités par GENTIL (1903) et identiques à ceux du Cap Figalo.

1. Calcaires à Mélobésiées renfermant de très grosses colonies massives de *Tarbellastraea* en général non jointives.

0. Marnes vertes.

FIG. 52. — Coupe dans les falaises d'Ain Merira.

Source : MNHN, Paris



1 : Lentilles à colonies jointives de Madréporaires. 2 : Colonies isolées de *Tarbellastraea*. 3 : Calcaire algaire.
FIG. 53. — Rapport entre Mélobésiées et Coraux à Ain Merira.

Conclusion

Le plateau occidental montre une certaine unité de structure et de composition. Relativement étroit, il souligne les dimensions d'une petite plate-forme favorable à une sédimentation carbonatée construite à Algues et Coraux dont l'activité à la fois antagoniste et complémentaire assure l'élaboration. La comparaison entre les coupes effectuées en divers points du plateau révèle l'aspect irrégulier de l'ensemble. Il n'existe pas à proprement parler de véritable édifice récifal corallien qui présenterait une morphologie nettement définie, mais d'une série de constructions plus ou moins développées. Le plus souvent il s'agit de lentilles très compactes, peu épaisses (2 à 3 m au maximum) qui devaient constituer des « banquettes » sur la plate-forme. Notons aussi l'abondance de masses isolées, bien circonscrites, « patchs » coralliens surtout observables vers le début de la série. La permanence de l'activité des Madréporaires, même quand les rhodolithes étouffent toute construction conséquente, se manifeste par la présence de colonies (surtout *Tarbellastraea*), parfois assez grosses, en boules disséminées dans la masse algaire. Enfin, vers l'extrémité de la plate-forme, c'est-à-dire vers le Cap Figalo et vers la mer ouverte, les Madréporaires s'organisent pour constituer un « front » récifal plus épais et marquent sans doute la pente externe.

Le versant septentrional du Djebel Kourdia

Le massif volcanique miocène du Tifarouine ferme la baie de Bou Zadjar et limite les affleurements messiniens vers le NE. Par contre ces derniers sont particulièrement étendus et continus vers le Sud, jusqu'à la Sebkha d'Oran. Au Nord du Djebel Kourdia, à partir du flanc occidental du Tifarouine, plusieurs ravins entaillent la série messinienne, observable dans de bonnes conditions au Chabet Ben Derebine, à l'Ain ed Dehanne, au Hammar El M'Gais, à l'Ain Meddah. On rejoint ainsi, en continuant vers l'Ouest, le plateau occidental au delà du Djebel Ech Chaabiyne. Mais entre Sidi Mahdjoub et Hammar M'Gaïs les constructions coralliennes disparaissent laissant place à des marno-calcaires blanchâtres à Bryozoaires et Hétérostégines ou des calcaires à Algues.

Le Chabet Ben Derebine

En contact direct avec le substrat volcanique du Djebel Tifarouine, la série messinienne, légèrement redressée avec un pendage net vers le SE, est recoupée par le Chabet Ben Derebine. Cette coupe, donnée dans le détail depuis la mer par GENTIL (1903) montre dans sa partie terminale une succession de niveaux sableux à terriers, gréseux et calcaro-gréseux en général assez sombres avec vers le sommet une grande abondance de boules volcaniques de belles dimensions dans un sédiment calcaire. C'est à ce niveau qu'apparaissent des colonies de *Porites*, souvent directement installées sur les gros galets volcaniques. Ces colonies isolées sont en général plutôt arrondies et finement lamellaires (*Porites collegniana ?*). Le sédiment reste gréseux avec toutefois présence d'Algues calcaires.

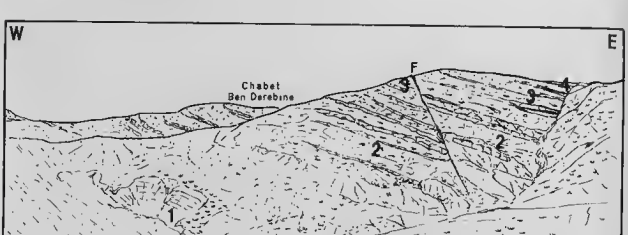
L'Ain ed Dehanne

Des observations complémentaires peuvent être effectuées au niveau de l'Ain ed Dehanne (Fig. 55). Les couches messiniennes y apparaissent décalées par une petite faille bien visible

Source : MNHN, Paris

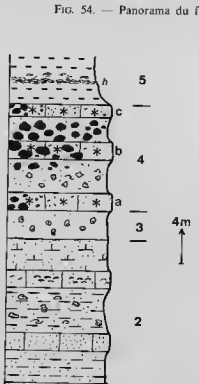
dans la topographie (Fig. 54), ce qui témoigne de mouvements tectoniques postérieurs qui se traduisent également par un pendage assez fort de la série messinienne dans certains secteurs.

Vers le haut de la série l'activité corallienne se manifeste au niveau de trois horizons bien séparés :



1 : Marnes de base. 2 : Grès et calcaires à Algues et Hétérostégines.
3 : Niveaux à Madréporaires. 4 : Marnes blanches à Huîtres

FIG. 54. — Panorama du flanc nord du Djebel Kourdia (Ain ed Dehanne).



* Le premier niveau qui demeure très sableux renferme de nombreuses coquilles d'Huîtres et quelques boules de matériel volcanique. Il se développe sur une barre de grès à Hétérostégines et Algues. Les Coraux sont représentés par des petites colonies dispersées de *Porites*.

* Le deuxième niveau, séparé du précédent par des calcaires gréseux, constitue une petite barre, bien visible dans le paysage. Les Madrê-

5. Marnes grèseuses blanchâtres à Huîtres (*h*) et Bryozoaires (*Calpensia*).

4. Alternance de niveaux à Coraux (a, b, c) et de grés calcaires s'enrichissant vers le haut de boules volcaniques de grandes dimensions (1 à 2 m de diamètre).

3. Grés à Hétérostégines.

2. Alternance de niveaux de calcaires coquilliers, de sables et grès à terriers. La macrofaune est localement abondante avec des Bivalves (Pectinidae surtout) et des Échinides (*Schizaster*).

1. Marnes beiges cinéritiques fossilifères avec un petit banc intercalé de calcaire gréseux à Mélobésiées. On y récolte de nombreux spicules de Spongiaires (MOISSETTE *et al.*, 1984), des Bivalves (Ostreidae, Pectinidae, Spondylidae), des Échinides (*Clypeaster*), des Balanidae et des Bryozoaires.

0. Marnes vertes à Foraminifères planctoniques vers la base, benthiques vers le sommet (MOISSETTE, 1984).

FIG. 55. — Coupe de l'Ain ed Dehanne.

Source : MNHN, Paris

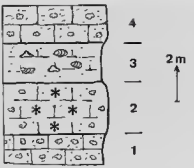
poraires y sont présents avec des colonies globuleuses (de quelques cm à la dizaine de cm de diamètre) de *Porites* et de *Tarbellastraea*. Elles sont noyées dans un sédiment détritique et associées à des Huîtres, des Balanes et quelques tests de *Clypeaster*. Latéralement, vers le Nord, le niveau se charge en boules volcaniques de plus en plus grosses. Décalé par la faille, il se retrouve un peu plus bas, avec les mêmes caractéristiques. On peut cependant y signaler la découverte de colonies globuleuses de *Palaeoastroides* (sans doute confondu par GENTIL avec *Dendrophyllia*), Madréporaire uniquement connu en Oranie dans ce gisement. Une couche très détritique grossière, à nombreux fragments d'Huîtres et de Balanes, recouvre l'ensemble. Puis la série montre de très grosses boules volcaniques encroûtées de calcaire.

* Les Coraux apparaissent dans un troisième niveau toujours chargé en boules de matériel volcanique. On y observe des colonies massives de *Tarbellastraea* apparemment déplacées et des colonies plus modestes de *Porites*.

Dans l'ensemble de la série la faune marque un environnement littoral et détritique avec notamment l'abondance de certains Foraminifères benthiques (*Textularia, Heterostegina, Amphistegina, Elphidium, Ammonia*...), des Ostreidae et des Balanidae. Les niveaux coralliens livrent peu d'éléments de macrofaune entiers et déterminables, la sédimentation demeurant très détritique. Il convient de signaler l'association des Coraux et des Huîtres (sans doute *Ostrea lamellosa*), ces dernières représentant un support à partir et quelquefois autour duquel s'accroissent des colonies de *Tarbellastraea*. Les Balanidae peuvent atteindre des dimensions assez exceptionnelles et avoisinent avec des Coraux, ce qui témoigne d'un milieu très littoral, avec possibilité d'exondaisons temporaires. On récolte de plus quelques Gastéropodes (Trochidae, *Conus mercati*), des Bivalves (*Chlamys pusio, Gigantopecten latissimus, Pecten benedictus, Spondylus crassicosta*) et des restes de Poissons (*Labrodon*).

Le Hammar el M'Gais

Situé le long de la route qui descend du Djebel Kourdia vers Bou Zajar, le Hammar M'Gais forme une petite proéminence. La série messinienne sommitale montre moins d'influence détritique (Fig. 56).



4. Calcaire à Algues dominantes et quelques grands Pectinidae.

3. Marno-calcaire blanchâtre à *Ostrea lamellosa* et *Clypeaster*.

2. Niveau à Mélobésiées et Coraux étroitement imbriqués. Le genre *Porites* y est représenté par deux formes : des colonies lamellaires mamelonnées et des colonies moins apparentes mais bien plus nombreuses et assurant une trame dense (*Porites lobatosepta ?*). Les Algues calcaires sont essentiellement encroûtantes autour des Coraux.

1. Couches à rhodolithes.

FIG. 56. — Niveaux calcaires au Hammar el M'Gais.

La faune recueillie dans le niveau corallien, mal conservée, se compose de Balanes et de quelques Bivalves et Gastéropodes : *Lithophaga lithophaga, Gigantopecten latissimus, Pecten* sp., *Spondylus crassicosta. Codakia decussata, Vermetus* sp., *Cymatium affine, Ficus* sp., *Conus* sp.

L'environnement récifal au cap Figalo : interprétation

La région du cap Figalo fournit une belle illustration d'une sédimentation différenciée, polarisée à partir des reliefs du Tifarouine. En effet la proximité du volcan miocène du Djebel Tifarouine entretient tout au long de la série messinienne une sédimentation détritique. Il semble que dans ce secteur, la transgression du deuxième cycle post-nappe envahit progressivement les flancs du volcan, constituant alors un relief imposant. Contre celui-ci les apports détritiques grossiers ne sont guère favorables à l'installation récifale. Seules des colonies éparses ou accrochées à un substrat rigide (coquilles de grandes dimensions, grosses boules volcaniques) peuvent croître. Elles sont souvent basculées et resédimentées. Plus au large du rivage, l'influence détritique diminue (Hammar el M'Gais).

Source : MNHN, Paris

L'activité constructrice des Algues et des Coraux devient prédominante.

On passe ainsi du NE vers le SW, d'une zone littorale à influence détritique à une plate-forme carbonatée tournée vers le large. Les conséquences en sont déterminantes au plan de l'activité récifale bien plus évidente bien sûr du côté de la plate-forme, mais où elle devient antagoniste de celle des Algues calcaires. Le jeu du développement algaire et corallien règle la disposition, la composition et la structure des constructions. On peut en dégager schématiquement plusieurs types :

* Banquettes coralliennes ;
* « Patchs » aux dimensions variables (de l'ordre de la dizaine de mètres) ;
* Lentilles (ou bancs) continues, mais peu épaisses ;
* Grosses colonies massives disséminées.

Les niveaux calcaires à Algues et Coraux sont relayés ou surmontés par des marno-calcaires blanchâtres présentant localement des accumulations d'Huîtres et de Bryozoaires.

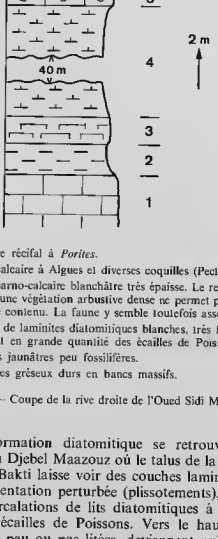
La vallée de l'Oued Sidi Medioni

Introduction

Entre El Amria, au bord de la Sebkha, et le Djebel Tifarouine, l'Oued Sidi Medioni entaille des plateaux faiblement inclinés vers le Sud. Comme il a été dit plus haut, ces plateaux sont constitués d'une série messinienne à faciés apparemment assez uniforme de marnes blanches, crayeuses. Pomel (1889) assimile cette formation à un « ancien récif corallinien » du Sahélien. Il décrit à la base des marnes blanches calcaires à riche faune d'Échinides (*Brissopsis, Toxobrissus, Schizaster*). Gentil (1903) confirme ces remarques. La carte géologique au 1/50 000 de Lourmel-Rio Salado (Doumergue, 1922) place sous un figuré particulier (M^4) des calcaires blancs massifs du Sahélien supérieur qui affleurent dans la vallée de l'Oued Sidi Medioni. La notice évoque également la présence de couches siliceuses à poissons. Il s'agit là des seules références sur le secteur envisagé.

La sédimentation messinienne

Une coupe assez complète effectuée face au Djebel Maazouz, sur la rive droite de l'Oued Sidi Medioni, permet de dégager les principaux termes visibles de la sédimentation messinienne (Fig. 57).



6. Calcaire récifal à *Porites*.
5. Barre calcaire à Algues et diverses coquilles (Pectinidae).
4. Série marno-calcaire blanchâtre très épaisse. Le recouvrement par une végétation arbustive dense ne permet pas d'en préciser le contenu. La faune y semble toutefois assez rare.
3. Niveau de laminites diatomitiques blanches, très friables, renfermant en grande quantité des écailles de Poissons.
2. Marnes jaunâtres peu fossilifères.
1. Calcaires gréseux durs en bancs massifs.

Fig. 57. — Coupe de la rive droite de l'Oued Sidi Medioni.

La formation diatomitique se retrouve au Nord du Djebel Maazouz où le talus de la route de Sidi Bakti laisse voir des couches laminées à la sédimentation perturbée (plissotements), avec des intercalations de lits diatomitiques à nombreuses écailles de Poissons. Vers le haut, les couches, peu ou pas litées, deviennent pulvérulentes et par endroit lumachelliques (Échinides).

Source : MNHN, Paris

La série marno-calcaire sur laquelle reposent les masses coralliennes, affleure de part et d'autre de l'oued, le long de la route. Elle renferme des Foraminifères benthiques, des Pectinidae indéterminés, des restes d'Échinides (*Schizaster*), des Dentales et des Bryozoaires (*Cribrillaria*).

L'épisode récifal est représenté par des masses calcaires qui coiffent les sommets. Il s'agit au début d'un niveau à Mélobésiées localement lumachellique et renfermant en grand nombre des Polypiers solitaires non déterminables. Mais très vite apparaissent des colonies de Madréporaires. Les constructions sont assurées uniquement par le genre *Porites* avec deux formes : des colonies massives, parfois mamelonnées lamellaires et des colonies en bâton. L'ensemble s'organise en une succession de corps récifaux emboîtés progradants dont les fronts peuvent présenter des constructions caractéristiques de contre-pente.

Le calcaire corallien s'avère fortement diagénétisé. Le centre des polypiérites a souvent subi les effets de la dissolution, tandis que le remplissage, compacté et recristallisé, ne livre qu'une faune très mal conservée et peu déterminable. On y reconnaît néanmoins des Lucines (?) et quelques Gastéropodes (*Cypraea* sp., *Conus* cf. *vindobonensis*).

Quelques kilomètres plus au Nord, la petite route de Sidi Bakti traverse le Bled el Gaada, puis le Douar er Rouiba. Tout ce secteur est occupé, surtout vers le SE, par des plateaux de marno-calcaires crayeux tendres. A 1,5 km, du village la route recoupe des affleurements récifaux coralliens. Il s'agit d'une masse calcaire, bien visible dans le paysage, renfermant comme au Djebel Maazouz, des colonies digitées de *Porites* fortement diagénétisées.

Conclusion

Par rapport aux environs de Bou Zadjar-Cap Figalo, l'épisode corallien présente quelques particularités. Deux faits retiennent l'attention : la présence dans la série sous-jacente de niveaux diatomitiques et le caractère monogénérique de l'édification.

Absentes au Cap Figalo, les diatomites atteignent dans la vallée de l'Oued Sidi Medioni, leur extension occidentale maximale en Oranie. Elles sont d'ailleurs peu épaisses. On sait que la base du Messinien est placée biostratigraphiquement un peu en dessous des premières diatomites (ROUCHY, 1982a ; SAINT MARTIN *et al.*, 1983). Les récifs coralliens qui apparaissent ici après toute une série marno-calcaire se développeraient donc assez tardivement dans le Messinien.

La position et les morphologies observées au niveau des masses racifales suggèrent une installation sur quelques hauts-fonds ou bombements dont l'individualisation serait en partie contemporaine de la sédimentation marno-calcaire et peut-être liée à des mouvements locaux du soubassement. Les organismes récoltés dans les marno-calcaires indiquent un milieu de vase calcaire où les fouisseurs abondent (*Schizaster, Brissopsis* par exemple). La construction récifale oligospécifique est dominée par *Porites*. Son aspect et sa composition différent significativement de ce qu'on peut observer dans les environs, pourtant très proches du Cap Figalo. La juxtaposition de deux types d'élaboration récifale pose ici de manière claire le problème du phénomène récifal messinien, de ses apparentes contradictions, de son contexte et du synchronisme des événements.

La région de l'Oued Sassel

Ce secteur représente une bande, large d'une dizaine de kilomètres, joignant le rivage méditerranéen, au Sud du Cap Figalo, à l'extrémité occidentale de la Sebkha d'Oran. Hormis les indications portées sur la carte géologique de Doumergue (1931), signalant notamment des « calcaires massifs » sans plus de précision, on ne possédait aucune donnée sur la nature et l'arrangement des sédiments miocènes représentés. Très récemment (mars 1989), une exploration dans cette région a permis de nouvelles observations de grand intérêt, qu'il ne sera malheureusement pas possible de développer largement ici ; en voici toutefois les principaux éléments :

— Des édifices coralliens, d'extension kilométrique, sont présents dans tout le secteur, depuis les gorges de l'Oued Sassel jusqu'aux abords immédiats de Hassi el Ghela ; ils sont essentiellement constitués de colonies digitées ou lamellaires contournées du seul genre *Porites* ;

— Le complexe récifal de l'Oued Sassel se compose de corps construits emboîtés présentant une accrétion définie par la succession vers l'avant de fronts récifaux (voir Fig. 78) et

Source : MNHN, Paris

d'épandages biodétritiques á *Halimeda* ; l'ensemble repose sur des calcaires blancs à Mélobésiées ;

— Des niveaux calcaires à oolithes recouvrent partiellement les édifices coralliens et peuvent s'épaissir à leur périphérie en admettant des passées stromatolithiques ;

— A l'embouchure de l'Oued Sassel, les affleurements dégagés au Sud de la petite baie montrent, sous les dépôts sableux pliocènes, des vastes coupoles d'origine stromatolithique ; il s'agit en effet d'une suite de couches mamelonnées se décomposant en corps massifs laminés, parfois séparés par de fines passées marneuses.

Les implications qui découlent de ces faits nouveaux sont multiples. Ainsi est mise en évidence une extension encore plus large du phénomène de construction corallienne, en prolongation des ensembles récifaux du Djebel Murdjadjo, du Djebel Maazouz et de Bou Zadjar et en liaison avec ceux d'Oranie occidentale. De plus l'existence, sur et contre les édifices, de calcaire oolithique et stromatolithique témoigne de modifications sensibles de l'environnement et de la paléogéographie au cours du Messinien.

Le Djebel Murdjadjo

Introduction

Situé á l'Ouest de l'agglomération oranaise, le Djebel Murdjadjo constitue un massif côtier imposant allongé selon une direction SW-NE et au relief fortement dissymétrique. Vers le Nord, il domine par des falaises la plaine des Andalouses et le fossé de Mers el Kebir. Le flanc méridional forme un plan incliné qui s'abaisse plus doucement vers la Sebkha et supporte une imposante formation calcaire, profondément entaillée par divers oueds. Généralement décrite sous l'appellation très générale de « calcaires á Lithothamniées », cette formation présente en fait plusieurs ensembles bien distincts dont la structure, la nature et l'agencement se déduisent de la présence d'un important complexe récifal frangeant á Madréporaires.

Le Murdjadjo : études antérieures et interprétations

Les données du problème

Autour du Djebel Murdjadjo sont réunies la plupart des composantes de la sédimentation messinienne : marnes bleues, diatomites et laminites, grés et calcaires á Mélobésiées, récif corallien, calcaires stromatolithiques et évaporites... L'analyse de ces divers faciés, de leur rapport et leur succession conduit á mieux préciser le cadre de la « crise » messinienne. Il apparaît donc nécessaire de suivre l'évolution des connaissances sur ce point crucial et de faire le point des diverses interprétations proposées.

Les premiers travaux

Pomel (1889) intégre dans son Sahélien un ensemble regroupant les calcaires á Mélobésiées, les couches á silex et restes de poissons, les calcaires massifs supérieurs. Gentil (1903) met en évidence la présence de cinérites vers la base et donne quelques indications sur la macrofaune des marnes équivalentes aux diatomites. La notice de la carte géologique d'Oran (Doumergue & Ficheur, 1908) reprend la description des principaux faciés, mais sans que soit bien établi leur agencement, et place par ailleurs certains niveaux supérieurs dans le Pliocène. Le travail d'Arambourg (1927) concerne plus particuliérement les restes de Poissons des couches á tripolis, mais il comporte cependant des indications nouvelles. L'intercalation de couches coralligénes et de couches à Poissons est mise en évidence et l'étude des restes de Poissons confirme le caractére littoral des dépôts prés du Murdjadjo. Van Straelen (1936), dans son article sur les Décapodes des environs d'Oran, souligne la présence simultanée dans un même gisement de formes littorales et profondes, chaudes et tempérées. Les déductions paléoécologiques et paléoclimatiques de Roger (1942), puis Roger *et al.* (1943), tirées de l'examen des faunes recueillies dans divers faciés du Murdjadjo, apparaissent trés confuses, assez contradictoires, sans grand rapport avec les données de terrain.

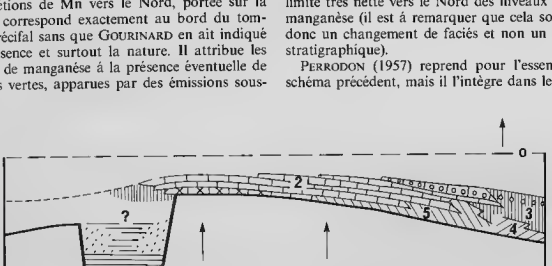
Source : MNHN, Paris

Modèle 1 : sédimentation et surrection des horsts

GOURINARD (1952a, b ; 1958), en levant la nouvelle carte géologique, esquisse les grandes lignes de la sédimentation du Néogène étroitement liée pour lui á la surrection et au basculement des horsts. Toute la chronologie est donc établie en fonction de cet événement tectonique majeur. Son interprètation se base sur plusieurs constatations : passage latéral des lits de tripolis á des calcaires à Lithothamniées, transgression sur le horst du Murdjadjo liée á un mouvement de bascule et induisant une discordance des bancs calcaires sommitaux les uns sur les autres, existence de niveaux repéres manganésifères (Fig. 58). La limite de l'extension des couches à concrétions de Mn vers le Nord, portée sur la carte, correspond exactement au bord du tombant récifal sans que GOURINARD en ait indiqué la présence et surtout la nature. Il attribue les traces de manganése á la présence éventuelle de roches vertes, apparues par des émissions sous-marines au niveau des failles bordières des horsts. Cependant seuls sont distingués des calcaires inférieurs équivalents pour partie des tripolis et des calcaires á Lithothamniées supérieurs. Or les calcaires supérieurs recouvrent comme on le verra plusieurs faciés bien particuliers : calcaires à Algues Mélobésiées, coralliens, stromatolithiques, blancs crayeux, oolithiques... Cette confusion conduit ainsi á situer les lentilles de gypse entre les calcaires crayeux (á tripolis pour GOURINARD) et les calcaires á Lithothamniées ; ces gypses ne correspondraient donc pas á l'épisode évaporitique terminal du Miocène supérieur, mais à des mouvements locaux des horsts.

En conclusion on retiendra deux éléments importants : le passage latéral entre les formations diatomitiques et des calcaires algaires et la limite très nette vers le Nord des niveaux lités á manganèse (il est á remarquer que cela souligne donc un changement de faciés et non un repére stratigraphique).

PERRODON (1957) reprend pour l'essentiel le schéma précédent, mais il l'intègre dans le cadre

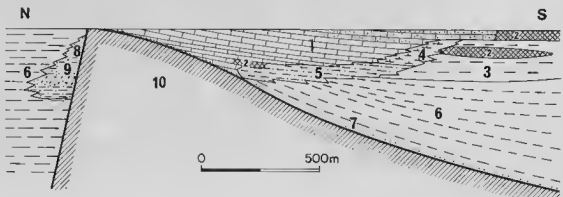


1 : Marnes du Miocène supérieur — 2 : Calcaire à Lithothamniées (× : éléments conglomératiques de transgression) — 3 : Calcaires crayeux à tripoli (o : niveau à manganèse) — 4 : Marnes jaunes á silex méulitiques — 5 : Grés de base à Clypéastres.
Les flèches représentent les mouvements verticaux des divers compartiments continentaux et du niveau marin (leur longueur est proportionnelle à l'intensité du déplacement).

FIG. 58. — Évolution du Djebel Murdjadjo depuis le Miocéne supérieur selon Gourinard (1958).
A. — Surrection des horsts. B. — Submersion des horsts à la fin du Miocéne supérieur.

Source : MNHN, Paris

paléogéographique plus vaste du bassin du Chélif. Les calcaires du Murdjadjo correspondent alors aux formations terminales á tripolis et gypses connues par ailleurs dans le bassin. Ils caractérisent les points hauts et ils sont relayés vers le large par les tripolis qui témoignent par la proportion des faunes de Poissons bathypélagiques d'un approfondissement rapide du milieu. Notons que les lentilles de gypse sont maintenues en équivalence avec les calcaires á Lithothamniées. La présence locale de niveaux oolithiques riches en manganése est également signalée. Ainsi le Djebel Murdjadjo résume assez bien le systéme sédimentaire du Miocéne supérieur défini par PERRODON (Fig. 59). On y retrouve les faciés de marnes bleues, les marnes diatomitiques correspondant au maximum de la transgression et passant á des calcaires sur les zones plus élevées ; seule la signification des gypses apparaît différente, puisqu'il s'agirait ici d'un phénoméne local lié au mouvement du horst.



1 : Calcaires á Lithothamniées avec localement des oolithes de manganése. 2 : Gypse. 3 : Tripolis. 4 : Marno-calcaires blancs. 5 Marnes jaunes á silex. 6 : Marnes bleues. 7 : Horizons détritiques. 8 : Calcaires détritiques á Clypéastres et Balanes. 9 : Bréches, conglomérats, marnes bigarrées á gypse. 10 : Substratum secondaire.

FIG. 59. — Schéma stratigraphique du Miocéne supérieur du Djebel Murdjadjo selon Perrodon (1957).

Modéle 2 : le massif du Murdjadjo : une marge carbonatée

Des travaux plus récents traiteront le problème avec une optique légérement différente de la période précédente. Les événements sont maintenant resitués dans un contexte géologique et géodynamique plus global avec la prise en compte de la mise en place de nappes et une biostratigraphie enfin précisée.

L'aspect sédimentologique des dépôts du versant sud du Murdjadjo est abordé dans une synthése de DELFAUD *et al.* (1973) qui établit un modéle de sédimentation en bordure de marge carbonatée. DELFAUD & REVERT (1974) décrivent le « calcaire á stromatolites » du Djebel Murdjadjo. Toutes ces données sont précisées par REVERT & THOMAS (1975) dans un guide d'excursion sur le Murdjadjo qui propose plusieurs stations illustrant le modéle précité.

Schématiquement, l'évolution verticale dans les séries marines est envisagée selon un découpage en plusieurs mégaséquences et séquences majeures. La deuxiéme magaséquence correspond au Miocéne post-nappe. Elle est subdivisée en plusieurs séquences :

* Marnes bleues à horizons cinéritiques. Surtout développées vers le centre du bassin, elles affleurent très peu. Les dépôts de base, détritiques, sont visibles vers le Nord du massif, en contact avec le socle.

* Tripolis et calcaire inférieur á Lithothamniées.

* Série des évaporites. Vers le centre de la cuvette de la Sebkha elle est constituée essentiellement de gypse. Vers le Nord, elle se réduit á un ensemble de marnes blanches á bréches de dissolution. Vers le SW les bréches deviennent calcaires et consolidées, en s'incorporant aux falaises de calcaires.

Source : MNHN, Paris

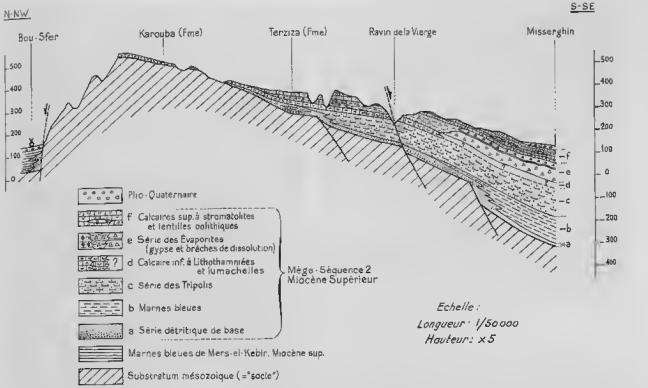


FIG. 60. — Coupe schématique du Miocène supérieur du Murdjadjo selon Delfaud *et al.* (1973).

* Calcaires supérieurs à stromatolithes. Ils déterminent une seconde masse carbonatée variée dans sa composition et sa structure : laminites, lits stromatolithiques et oolithiques vers le Sud et calcaires massifs à passées de Lithothamniées et bancs d'Annélides vers le Nord.

Selon ce modèle (Fig. 60) il y a biseautage général des séries du Sud vers le Nord. Les calcaires à Lithothamniées succèdent aux tripolis. Les calcaires à stromatolithes envahissent largement le flanc sud du Murdjadjo et recouvrent une série évaporitique à gypse et brèches de dissolution.

Modèle 3 : le récif corallien frangeant du Djebel Murdjadjo

Les interprétations précédemment exposées n'expriment pas suffisamment la diversité de la sédimentation et la complexité de l'agencement des divers ensembles. La plupart des auteurs soulignent à juste raison le caractère construit des calcaires mais n'évoquent que l'activité des « Lithothamniées ». Les travaux de ROUCHY (1979, 1980, 1982a, b) apportent des éléments totalement nouveaux qui rendent plus accessible la compréhension de la distribution des faciès. En effet la découverte de l'existence d'un bel édifice corallien frangeant tout le rebord méridional du Murdjadjo remet en question certaines observations antérieures et confère à ce secteur une grande importance pour illustrer les événements messiniens et leurs conséquences.

Les points essentiels sont les suivants :

* Précision de l'âge de la série messinienne par la présence dans les niveaux marneux de base de marqueurs biostratigraphiques (*Globorotalia mediterranea*) ;

* Établissement de l'équivalence entre diatomites et couches à Mélobésiées ;

* Mise en évidence d'un corps récifal à *Porites* et de dépôts de talus à *Halimeda* (Algues vertes calcaires), le tout montrant des phénomènes spectaculaires de progradations liées à un abaissement du plan d'eau ;

* Description des sédiments péri-récifaux affectés par des phénomènes de glissements synsédimentaires ;

Source : MNHN, Paris

* Mise au point sur la répartition des faciés évaporitiques et des stromatolithes, en contrebas de l'édifice.

Divers travaux apportent des observations supplémentaires portant plus spécialement sur la nature des constructions corallienne et la structure de l'édifice (ROUCHY *et al.*, 1982 ; SAINT MARTIN, 1984 ; ROUCHY, 1985 ; ROUCHY *et al.*, 1986). L'analyse détaillée de ces données, entreprise plus loin et complétée par des renseignements sur le contenu paléontologique amène à proposer un schéma interprétatif (dont s'inspire la Fig. 71) prenant en compte l'importance du phénomène récifal.

Enfin THOMAS (1985) distingue un cycle transgressif à polarité centrifuge, dont la « formation du Murdjadjo » représente l'ultime stade, puis un cycle régressif à polarité centripète caractérisé par les stromatolithes.

La sédimentation pré-récifale

Les marnes bleues

La série des marnes bleues, appartenant au Tortonien puis à la base du Messinien, très épaisse au centre du bassin (sous la Sebkha), se réduit nettement aux abords du massif du Murdjadjo. Vers le Sud, des sondages implantés aux alentours de Misserghin ont reconnu, sous les alluvions et un niveau de calcaires argileux à tripolis, des marnes bleues peu épaisses contenant des éléments détritiques (MARGEREL, 1964). La microfaune est représentée par des Ostracodes et des Foraminifères parmi lesquels on peut citer *Textularia* sp., *Quinqueloculina sp., Robulus inornatus, Gyroidona girardina, Elphidium crispum* et *Orbulina universa*. Selon MARGEREL, on rencontre également des débris de Gastéropodes, des Dentales, des Polypiers solitaires, des radioles d'Échinides. Il s'agit là d'une faune typiquement vasicole d'un milieu vraisemblablement peu profond. Ces marnes se chargent en éléments détritiques empruntés au socle secondaire indiquant la proximité d'une terre émergée, ce que confirme la présence d'oogones de *Chara*. Sur le massif, les affleurements de marnes bleues sont rares. DELFAUD *et al.* (1973) signalent une récurrence d'argiles à la base de la série des tripolis au début du Ravin de la Vierge (Nord de Misserghin). Un affleurement noté par DOUMERGUE et FICHEUR (1908) est observable aux environs de la ferme de Terziza (Sidi AEK). D'autres lambeaux se rencontrent au même niveau au creux des chabets en Nemeur et Matmora. Ces marnes renferment des petits lits cinéritiques et des éléments détritiques du substrat. Leur épaisseur, variable, ne doit pas dépasser 7 à 8 m. Elles livrent quelques Foraminifères : *Textularia, Dorothia, Marginulina, Robulus, Quinqueloculina, Guttulina, Discorbis, Cibicides lobatulus, Planorbulina, Ammonia, Elphidium crispum, Elphidium* cf. *macellum, Nonion boueanum, Amphistegina, Heterostegina* gr. *complanata*...

On peut sans doute rapporter à cette formation marneuse les niveaux cinéritiques qui se situent à la base des marnes à diatomites aux abords d'Oran (GENTIL, 1903).

Les marnes bleues représentent une des phases de la transgression du deuxième cycle post-nappe. Elles ennoient partiellement le massif du Murdjadjo et se chargent de plus en plus en éléments détritiques sur le bord des reliefs. Le cycle transgressif va se confirmer avec le dépôt sur les zones hautes de sédiments conglomératiques et gréseux. Vers le centre du bassin il est probable que le dépôt de marnes bleues persiste pendant une partie du Messinien juste avant la formation diatomitique.

La série détritique

Le mouvement transgressif, qui se poursuit par rapport au terme précédent, se traduit par l'envahissement de la presque totalité du massif et l'instauration d'un régime de sédimentation détritique directement sur le substratum (vers le Nord) ou sur les marnes bleues. Le secteur de Terziza en offre d'excellentes conditions d'observation (Fig. 62). La série débute par un complexe détritique rougeâtre composée de conglomérats aux éléments arrachés du substratum secondaire (schistes et quartzites), de grés et de sables avec parfois un enrobage argileux. L'ensemble montre un granoclassement positif. Au-dessus, des grès plus ou moins grossiers renferment une faune abondante de Bivalves (Pectinidae, Ostreidae) et d'Échinides (*Clypeaster*). Les grands Foraminifères y abondent, notamment *Amphistegina* et *Heterostegina*. Par endroit on peut mettre en évidence l'existence de chenalisations de petite dimension.

Le contact entre le substratum et les niveaux transgressifs messiniens a été décrit par REVERT

Source : MNHN, Paris

& THOMAS (1975) plus au Nord, à proximité de la ferme Karouba. La série ici très réduite débute par une couche gréso-sableuse riche en galets roulés et devient fossilifère. On y récolte des Brachiopodes (*Terebratula ampulla*), des Bivalves (Pectinidae, *Spondylus, Venus, Cardium...*), des Échinides (*Clypeaster*) et des Bryozoaires. Des surfaces indurées séparent ces niveaux sableux d'une formation plus calcaire qui se charge en Algues.

L'abondance des Hétérostégines est remarquable dans cette série gréseuse qui devient plus carbonatée vers le sommet et admet progressivement une proportion de plus en plus importante d'Algues calcaires, généralement en boules. L'association des Hétérostégines et des Échinides du genre *Clypeaster* se retrouve ici comme en Oranie occidentale ou dans les environs du Cap Figalo ; elle semble donc caractéristique de l'épisode transgressif détritique qui précède l'installation des plates-formes carbonatées à Algues et Madréporaires.

Les calcaires à Algues

L'appellation de « calcaire à Lithothamniées », abusivement employée par la plupart des auteurs, recouvre souvent en réalité plusieurs faciès bien distincts. Le terme de Lithothamniées prête lui-même à confusion, puisque plusieurs genres entrent dans la composition globale des couches algaires (*Archaeolithothamnium, Lithothamnium, Porolithon, Lithophyllum, Mesophyllum*). Nous n'évoquerons donc ici que les calcaires ou calcaires gréseux fortement chargés en encroûtements, laminations ou boules concrétionnées dues à des Rhodophycées de la famille des Corallinacées et de la sous-famille des Mélobésiées.

L'activité des Mélobésiées se traduit généralement par la création d'une plate-forme uniforme. Sur les parties hautes du Murdjadjo, les couches à Algues succèdent en continuité à la série détritique de base et demeurent gréseuses à leur base. L'abondance des rhodolithes et des encroûtements augmente progressivement. Dans le même temps la sédimentation devient plus carbonatée, l'ensemble caractérisant une séquence positive. Les Bryozoaires y sont étroitement associés (MOISSETTE, 1984, 1988). Largement développée sur tout le massif, la formation algaire assure le nivellement parfait de la topographie et permet de constituer une assise plane, une semelle propice à une colonisation corallienne. Cette phase de stabilisation correspond à un événement majeur et déterminant dans l'histoire messinienne des bordures et des marges. Son épaisseur peut atteindre 30 à 40 m.

Sur la périphérie du massif, la disparition des couches algaires souligne les limites de la plate-forme (MARGEREL, 1964). La série pré-récifale ne comporte en direction de la Sebkha que les marnes bleues et la formation à diatomites. Cependant on peut observer en certains points (carrière du Four à chaux notamment) une alternance entre des lits diatomitiques et des calcaires algaires. Ainsi est mise en évidence l'équivalence partielle entre la sédimentation à tripolis et les dépôts à Mélobésiées. La répartition de ces deux faciès est donc réglée par la paléotopographie. Sur les hauts-fonds, en position littorale, se constitue une plate-forme qui forme une bande assez large (quelque km) développée tout au long du massif et sans doute équivalente à celle du Cap Figalo. Vers la bordure de la plate-forme, les dépôts de sédiments à diatomites viennent s'intercaler dans les bioconstructions algaires. Dans le bassin, seule la formation diatomitique persiste. Il est à noter qu'il s'agit là de deux modalités de sédimentation tout à fait différentes, voire exclusives : l'une par bioconstruction, l'autre par accumulation. Il n'y a jamais mélange ou passage progressif de l'un à l'autre, mais seulement éventuellement intercalation.

La formation diatomitique

Répartie tout autour du Murdjadjo la formation diatomitique affleure largement à Oran même et ses environs proches. C'est là qu'ont été effectuées les travaux d'ARAMBOURG (1927). On la retrouve dans la région de Misserghin, à la faveur de ravins et oueds (ferme Giraud, Ravin de la Vierge, Sources de Misserghin). Vers le SW, elle disparaît sous le recouvrement quaternaire de la Sebkha mais on la connaît par sondages. A l'extrémité occidentale du Murdjadjo, au Nord de Bou Tlelis, s'observent d'autres pointements qui peuvent sans doute être reliés à ceux décrits plus hauts dans la vallée de l'Oued Sidi Medioni.

Il ne s'agit pas d'une formation homogène, mais de l'alternance de niveaux aux faciès diversifiés caractérisée par la répétition de séquences à

Source : MNHN, Paris

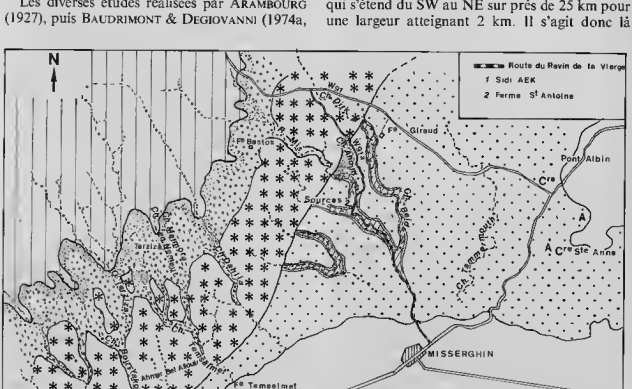
trois termes (marnes-laminites diatomitiques-calcaires) parfois nettement séparées par des surfaces de discontinuité. Le long du Ravin de la Vierge on peut remarquer la présence de surfaces dures, très bioturbées, entre deux séquences. Les diatomites elles-mêmes se présentent sous forme d'un sédiment finement laminé, avec des passées siliceuses et les lentilles de silex. Les feuillets montrent très souvent des restes de Poissons (écailles et vertèbres) bien conservés. Les lits argileux contiennent quelques Foraminifères, Ostracodes et de nombreux spicules de Spongiaires. Les bancs calcaires comportent une faune benthique de Bryozoaires, Échinides (*Schizaster*, *Brissopsis*) et Brachiopodes. La base de la formation, bien visible vers le bas du Ravin de la Vierge, est constituée d'un calcaire marneux blanchâtre assez épais et très riches en Échinides du genre *Schizaster*.

Les diverses études réalisées par ARAMBOURG (1927), puis BAUDRIMONT & DEGIOVANNI (1974a, b), montrent clairement que la signification paléoécologique et paléogéographique des formations diatomitiques n'est pas uniforme. La composition en Diatomées, Silicoflagellés et Poissons varie d'un gisement à l'autre. En ce qui concerne le Murdjadjo et ses abords, les influences littorales se font sentir notamment dans la sédimentologie (surfaces durcies, intercalations avec des niveaux à Mélobésiées) et dans les assemblages de fossiles.

Le complexe récifal corallien du Murdjadjo

Introduction

Récemment mis en évidence, un imposant complexe récifal à Madréporaires couvre le flanc sud du Murdjadjo, depuis les faubourgs d'Oran jusqu'à la région de Bou Tlelis, soit une frange qui s'étend du SW au NE sur près de 25 km pour une largeur atteignant 2 km. Il s'agit donc là


N
Route du Ravin de la Vierge
1 Sidi AEK
2 Ferme St Antoine
Ravin de la Vierge
Ravin Bastos
Ravin Giraud
Ravin Sidi Chami
Ravin Pont Albin
Ravin des Sources
Ravin des Oliviers
Ravin Jardin Public
Ravin Ste Anne
Ravin Terrasses
Ravin Pont Albin
Ravin Ste Anne
Ravin Bou Tlelis
Ravin Bou Tlelis
Ravin Ste Anne
Ravin Bou Tlelis
Ravin Bou Tlelis
Ravin Bou Tlelis

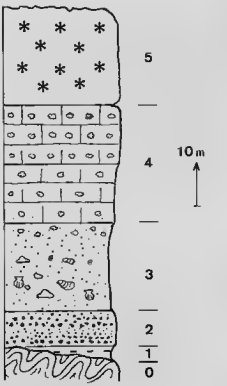
d'un édifice de grande dimension dont l'étude détaillée et la cartographie fine dépasseraient le cadre assez global de ce travail. Cependant deux secteurs ont été choisis plus particulièrement pour caractériser la structure et la composition du complexe : une zone située au Nord de Misserghin et se répartissant autour du Ravin de la Vierge et plus à l'Ouest, une zone définie par le cours des oueds Bou Yakor et Dahlia, entre la ferme Temsalmet au Sud et Terziza au Nord (Fig. 61).

Le secteur Temsalmet-Terziza

Dans les environs de Terziza, on peut établir une coupe synthétique qui situe le récif corallien par rapport aux niveaux sous-jacents (Fig. 62).

De Terziza à Temsalmet les divers oueds qui entaillent la masse calcaire permettent de suivre la progression du récif vers le bassin. Les premiers corps récifaux sont en réalité des lentilles très allongées aux surfaces nettement délimitées. Chacune de ces lentilles repose sur les dépôts de talus biodétritiques à *Halimeda* issus des précédentes lentilles et présente une surface supérieure aplanie. Vers le Sud, les corps récifaux sont plus épais et montrent un front également plus marqué. L'abaissement de ces fronts devient manifeste vers Temsalmet provoquant dans la topographie un étagement rapide de barres récifales (Fig. 63). On remarque à ce niveau, devant chaque front récifal, des brèches coralliennes à morceaux de Coraux anguleux.

La mise en évidence de l'existence d'un dispositif récifal particulier dans ce secteur infirme le schéma élaboré par DELFAUD *et al.* (1973) assimilant les corps progradants à des calcaires à stromatolithes (voir Fig. 60). Selon ces auteurs la limite de ces calcaires, formant un biseau sur la série inférieure à la ferme de Terziza, correspon-



5. Récif corallien à *Porites*.

4. Calcaire à Mélobésiées. Encore marno-gréseuse à la base et riche en macrofaune (Tabl. 18), cette formation s'enrichit progressivement en rhodolithes vers le haut et un banc, plus dur, plus calcaire la termine.

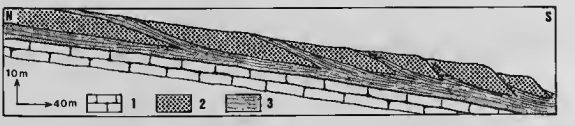
3. Grès calcarénitique riche en Hétérostégines et Amphistégines.

2. Conglomérats de transgression et grès. Ils renferment des éléments empruntés au socle tout proche, certains restant très anguleux et témoignant d'un faible transport.

1. Marnes bleues à microfaune benthique essentiellement et comportant également des éléments détritiques, notamment des galets de schistes.

0. Socle formé de quartzites et de schistes du Jurassique.

FIG. 62. — Coupe synthétique des environs de Terziza.



1 : Calcaires à Mélobésiées. 2 : Corps récifaux à *Porites*. 3 : Calcaires biodétritiques à *Halimeda*.

FIG. 63. — Progradation des corps récifaux coralliens entre Terziza et Temsalmet.

Source : MNHN, Paris

drait à une limite d'érosion marquée par ailleurs par des dépôts de brèches de dissolution du gypse, absentes pourtant dans cette région. Ce sont ces progradations qui ont conduit également GOURINARD (1952a) à envisager des mouvements du horst pendant la sédimentation, mouvements qui seraient à l'origine d'un décalage des niveaux les uns par rapport aux autres et de leur biseautage.

Dans le Chabet Temsalmet, vers la périphérie, une épaisse couche de dépôts à *Halimeda* sépare les constructions à Madréporaires de la semelle à Mélobésiées. L'inclinaison, de part et d'autre de la vallée, de niveaux d'accumulations lités vers l'intérieur du chabet atteste la présence à cet endroit d'une sorte d'entaille (ou passe ?) dans le récif où s'accumulent des sédiments assez tendres comprenant une grande quantité de fragments de thalles d'*Halimeda* et constituant une zone de moindre résistance au creusement récent de l'oued (ROUCHY, 1982a). L'épaisseur de ces couches peut atteindre 40 m (Fig. 64).

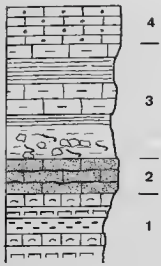
1 : Calcaire à Mélobésiées. 2 : Corps récifaux progradants à *Porites*. 3 : Épandages biodétritiques à *Halimeda*.
FIG. 64. — Le système récifal dans le secteur Temsalmet-Terziza (échelle approximative).

La limite méridionale d'extension du complexe récifal est marquée par un tombant dont le tracé apparaît nettement en photo aérienne et dans le paysage. En effet la discordance sédimentaire qui marque le contact entre l'édifice à Madréporaires et les couches péri-récifales se traduit par une séparation entre deux lithologies différentes, mais également par une différenciation extrêmement spectaculaire au niveau de la végétation arbustive.

Le ravin de la Vierge

La coupe du ravin de la Vierge, qui a servi longtemps de référence pour établir la succession des faciès du Miocène supérieur, permet d'une part de remonter dans les dépôts de bordure du massif mais aussi de suivre une zonation dans la sédimentation depuis le bassin jusqu'à la plate-forme construite (Fig. 65). C'est ce qui explique la complexité de l'agencement géométrique des faciès et certaines erreurs d'interprétation. Le long de la route W 91[a], jusqu'à la limite du bord récifal externe, on rencontre d'abord la formation pré-récifale diatomitique surmontée de couches à *Halimeda* qui caractérisent la période de fonctionnement récifal. On tombe ensuite dans le domaine de la sédimentation post-récifale avec des marno-calcaires bréchiques et des calcaires lités manganésifères. L'ensemble

Source : MNHN, Paris



4. Calcaires lités, oolithiques á manganèse.

3. Ensemble marno-calcaire á alternance de niveaux laminés et marneux. A la base, prés du contact avec les calcaires á *Halimeda*, on observe de nombreux indices de mouvements synsédimentaires avec des bréches de pente et des figures slumpées.

2. Calcaires á *Halimeda*. Il s'agit de dépôts biodétritiques pétris de lhalles d'*Halimeda*. De trés nettes surfaces de discontinuité irrégulières soulignent la séparation entre plusieurs couches montrant souvent des chenalisations á grande échelle.

1. Formation diatomitique. Composée d'une succession de séquences á trois termes (marnes-diatomites-calcaires), elle affleure également en contrebas de la ferme Giraud, dans le Chabet Beida, et aux environs des Sources de Misserghin.

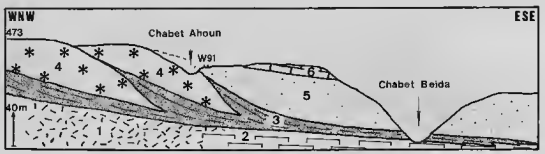
FIG. 65. — Coupe du Ravin de la Vierge.

présente un pendage vers le SE de l'ordre de 10 à 15°.

A la partie supérieure du Ravin de la Vierge, les couches supérieures butent sur la masse des calcaires coralliens. Il y a lá une évidente discordance d'origine sédimentaire trés visible dans le paysage.

Les constructions á Madrèporaires occupent ensuite tout le haut du Ravin jusqu'au croisement avec la route des crêtes (W 91). De beaux ensembles coloniaux affleurent sur le talus même de la route. On y voit des grandes gerbes de *Porites* en bâtons et des masses globuleuses de *Porites* lamellaire. On suit facilement le bord récifal vers le NE, dans le Chabet Dirk, où contre la masse corallienne viennent nettement buter les couches péri-récifales (pt 290). Pour ROUCHY (1982a), les laminites marno-diatomitiques passent latéralement aux niveaux á *Halimeda* dans ce secteur. Bien que l'on n'observe pas sur le terrain ce passage latéral, il est fort possible que les sédiments diatomitiques aient continué á se déposer tout au début de l'élaboration récifale corallienne, en contrebas. C'est ce que pourrait indiquer l'intercalation de petites passées laminées (á tripolis ?) á la base des calcaires biodétritiques á *Halimeda*, dans le Chabet Beida au Sud de la ferme Giraud.

En remontant le ravin de Misserghin vers le NW, on recoupe l'ensemble vers l'amont. La formation diatomitique qui affleure au bas des falaises, á l'entrée du ravin semble disparaître sous le récif, mais l'entaille de l'oued n'est pas suffisante pour déterminer sa position. Par contre on retrouve plus haut, toujours sous le récif, les calcaires á Algues qui se développent ensuite largement en arrière. Les constructions présentent ici aussi des phénomènes d'emboîtements de corps progradants vers le SE. Toutes ces données de terrain ont été réunies dans une coupe interprétative qui montre qu'il y a coïncidence entre la limite d'extension des diatomites sur le massif et la position du bord récifal



1 : Calcaire á Mélobésiées. 2 : Formation diatomitique. 3 : Calcaire biodétritique á *Halimeda*.
4 : Édifice corallien a corps construits progradants. 5 : Marno-calcaires blancs. 6 : Calcaire lité supérieur.

FIG. 66. — Coupe interprétalive et agencement des faciés dans le Ravin de la Vierge.

Source : MNHN, Paris

externe, vraisemblablement donc le long d'une flexure qui marque une rupture de pente en bordure du paléorelief (Fig. 66, 71).

Une coupe identique est observable depuis la ferme Saint Antoine jusqu'à la ferme Bastos. Le contact évoqué précédemment est ici encore plus évident et spectaculaire, car strictement délimité par une ligne de végétation.

Extension du récif

A partir de la ferme Giraud vers le NE, la limite du rebord récifal apparaît moins nettement. Cependant, au delà de Pont Albin, à partir de la Maison cantonnière, une route qui monte vers les crêtes, recoupe l'ensemble récifal corallien avec également de nettes progradations. Ces dernières sont visibles dans les faubourgs d'Oran, au-dessus de la carrière du Four à Chaux. C'est à cet endroit que l'on peut saisir le passage entre la formation diatomitique et les calcaires à Mélobésiées, sous le récif. Vers le sommet de la route, les couches algaires affleurent largement. Sous celles-ci, en contact avec le substratum, on rencontre des couches marneuses très chargées en matériel détritique et dépourvues de microfaune. Les constructions se poursuivent encore vers le NE où elles ne forment plus, au dessus du fort de Santa Cruz qui domine le port d'Oran, qu'une dalle reposant directement sur le substratum secondaire taraudé au contact par des lithophages.

Au delà de Temsalmet vers l'Ouest, le récif s'ennoie sous la Sebkba, mais le village de Bou Yacor est encore bâti sur les calcaires coralliens. Au Nord de Bou Tlelis, en bordure de la forêt de M'Sila des barres coralliennes indiquent la limite de l'édifice tandis qu'en contrebas, sur les calcaires à *Halimeda* les couches post-récifales comportent de grosses lentilles de gypse.

Les constructions coralliennes

Les colonies de *Porites*, unique genre constructeur, présentent plusieurs types morphologiques (avec sans doute au moins deux espèces distinctes) qui se répartissent de manière constante dans les corps récifaux (Fig. 67). A la base, sur les sédiments biodétritiques lumachelliques à *Halimeda*, il s'agit de colonies laminaires montrant parfois de petites digitations. Par-dessus peuvent se développer alors des colonies en bâtons caractéristiques, mais encore éparpillées. C'est au niveau des fronts et épaississements externes que les Madréporaires atteignent le maximum de leur croissance, comme au Ravin de la Vierge ou au Ahmar bel Allouti (Fig. 70). On y observe de grandes gerbes de colonies en doigts (2 à 3 m) qui se relayent et constituent parfois un véritable « mur ». Entre ces gerbes se développent des colonies massives lamellaires, constituant des ensembles en « chou-fleur ». Les formes digitées à expansion verticale coexistent souvent également, au sein d'un même ensemble, avec des formes laminaires latérales. La cohésion de ces armatures est remarquable.

On peut sans doute attribuer à l'espèce *Porites* aff. *lobatosepta* les colonies subdendroïdes en gerbes et leurs expansions laminaires, et à *Porites* aff. *calabricae* les colonies lamellaires, plus massives (ROUCHY *et al.*, 1982). Si l'essentiel de l'édification est dûe à ces deux formes, il n'est

1 : Calcaire biodétritique à *Halimeda*. 2 : Colonies laminaires de base.
3 : Ensemble de colonies en bâtons dispersées. 4 : Front à grande densité de construction.

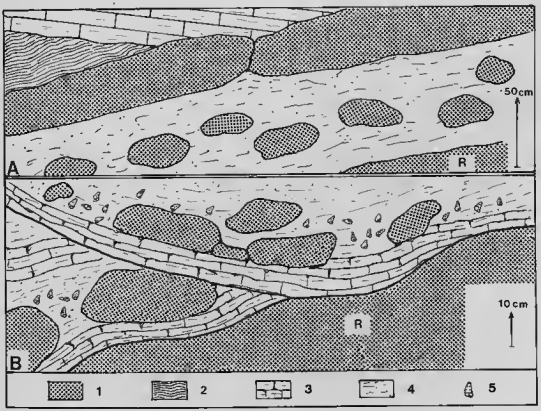
FIG. 67. — Détail des constructions dans un corps récifal.

Source : MNHN, Paris

toutefois pas rare de rencontrer des petites masses, de dimension décimétrique, de *Siderastraea*. Signalons d'autre part la récolte près de Temsalmet d'une colonie de *Tarbellastraea*.

Les constructions les plus spectaculaires peuvent s'observer le long de la route du Ravin de la Vierge et tout près du croisement de cette route (W 91°) avec la route qui redescend à Pont-Albin (W 91). Ce sont ces affleurements qui ont donné lieu à une confusion avec des structures stromatolithiques. Ainsi DELFAUD & THOMAS (1975), reprenant les indications de DELFAUD *et al.* (1973) et DELFAUD & REVERT (1974), décrivent à l'arrêt n° 9 (croisement des routes) trois bancs massifs de calcaires à stromatolithes séparés par des discontinuités et associés à des Gastéropodes (Vermets), des Bivalves et des Serpules. D'aspect vacuolaire, les cavités correspondant alors à la dissolution des gypses, les stromatolithes seraient bien visibles dans les bancs supérieurs. Dans cette interprétation la nature corallienne des calcaires à *Porites* n'a pas été reconnue. Or dans le cas présent, les laminations, contournements, boules, et surfaces mamelonnées signalés correspondent en réalité à des morphologies coloniales banales chez ce genre même si la microstructure, d'aspect vermiculaire n'apparaît pas toujours nettement, compte tenu de son oblitération par les processus diagénétiques. De fait, les vacuoles évoquées représentent le centre des colonies en doigts premièrement dissous et s'organisent en un ensemble de tubes creux où la présence de colonies est discernable sur une faible frange de quelques mm. Il ne reste alors que le remplissage, de nature micritique au moment du dépôt, recristallisé, blanc à la cassure et très dur.

L'édification n'apparaît pas continue dans les corps récifaux. On note en général une succession de plusieurs épisodes, soit séparés par des surfaces de discontinuité, soit marqués par des alternances de formes laminaires et de formes en gerbes.



1 : Masse construite à *Porites* (masse construite R, colonies en places et blocs renversés).
2 : Sédiments marno-calcaires laminés. 3 : Calcaire lité. 4 : Remplissage marneux. 5 : Cerithes.

FIG. 68. — Sédimentation chenalisée dans les sillons récifaux.

Source : MNHN, Paris

Morphologies et caractéristiques récifales

Bien que constitué d'une série de corps progradants délimités, l'édifice corallien du Murdjadjo présente la structure d'ensemble d'un complexe récifal frangeant. Il repose en arrière sur une semelle algaire épaisse. Les progradations obéissent à un phénomène global ; les limites des ensembles progradants sont décelables sur photo aérienne et forment des lignes parallèles grossièrement orientées SW-NE, avec un infléchissement vers le Nord. Le tombant récifal majeur, souligné par le contact avec les couches post-récifales, prend la même orientation ; il correspond sans doute à une flexuration du massif ; à partir de là vers le bassin les constructions s'abaissent nettement en un étagement très rapide. Il est à remarquer que chaque masse construite montre une surface supérieure aplanie constituant un platier sur lequel la karstification a mis en évidence les irrégularités de détail : vasques à sédimentation plus tendre quelquefois bréchique.

Il est fort probable que les différents oueds qui recoupent le récif se sont superposés pour une part à de grandes entailles sur le front du récif, par lesquelles se répandait le matériel biodétritique riche en *Halimeda* issu du récif (Fig. 64).

Perpendiculairement au front récifal, des échancrures plus réduites surcreusent le bord du platier. Il s'agit d'un système sans doute équivalent à la formation des éperons et sillons des récifs actuels. Ces chenaux sont le siège d'une sédimentation chaotique à matrice pulvérulente tendre. On y observe des fragments coralliens (parfois même peut-être des colonies globuleuses ou laminaires en place), des sédiments laminés, toute une série de petits corps sédimentaires chenalisés emboîtés (Fig. 68).

Le contenu paléontologique

L'état de conservation de l'ensemble des calcaires récifaux ne facilite pas l'échantillonnage, la détermination et l'évaluation de la faune récifale. Cependant, quelques gisements localisés peuvent fournir des renseignements intéressants dans les secteurs étudiés (secteur Temsalmet-Terziza, Ravin de la Vierge).

Les sédiments de talus, très riches en *Halimeda*, renferment des débris de toutes sortes (coquilles de Mollusques et aussi Algues Mélobésiées) et des passées lumachelliques. Dans ces dernières on peut récolter des Bivalves (*Anadara turonica, Mytilus* sp., *Pinna* sp., *Chlamys* sp., *Pecten* cf. *aduncus, Spondylus* sp., *Lima lima, Chama gryphoides, Paphia vetula*), quelques Gastéropodes peu déterminables (Cerithes, *Conus ?, Vermetus*) et de nombreux Vers tubicoles.

Sur le pourtour des colonies abondent des organismes spécifiques des substrats durs (*Chama, Spondylus*...), tandis que dans les parties tendres du remplissage les fouisseurs (*Cardium*, Lucines) sont mieux représentés. Dans un gisement situé dans les falaises du Chabet Bou Yakor (Tabl. 13), les représentants de *Chama gryphoides* dominent largement dans un ensemble de constructions de *Porites* en doigts riches en structures endostromatolithiques. Deux exemplaires d'un organisme sans doute assimilable à un Spongiaire y ont été récoltés : il s'agit de deux petites colonies en forme de massues, à paroi poreuse. Les articles de Décapodes ne sont pas rares, mais très difficilement déterminables. Enfin les Bryozoaires se rencontrent autant dans les sédiments biodétritiques que dans les constructions.

Vers le haut du Ravin de la Vierge, sur le bord du tombant, les constructions montrent à leur toit un remplissage un peu plus marneux qui renferme de nombreux Gastéropodes (essentiellement des Cérithes), des Bivalves et surtout d'abondants restes de Décapodes, articles, pinces et carapaces entières appartenant à une espèce nouvellement décrite (SAINT MARTIN & MÜLLER, 1988). Plus haut, vers le croisement des deux routes W 91 et W 91*, aux constructions à *Porites* sont liées des accumulations de Cérithes qui rappellent celles observées en Oranie occidentale.

L'existence des Serpulidae dans le remplissage, et aussi dans le squelette corallien, se manifeste par la présence de petits tubes calcaires parfois très denses. Les espaces intercoloniaux s'avèrent également localement riches en thalles d'*Halimeda*. Les anfractuosités, les creux, les replis, éléments d'un biotope spécialement bien représenté dans l'armature corallienne, sont occupés par des petits Échinides réguliers, quasiment indéterminables, mais très fréquents (*Psammechinus ?*).

Parmi la microfaune, rare et mal conservée,

Source : MNHN, Paris

seuls quelques Foraminifères benthiques sont identifiables dans les parties tendres du remplissage et dans les lames minces : *Elphidium* sp., *Amphistegina ?*.

TABLEAU 13. — Éléments de la faune récifale du Murdjadjo.
1 : Chabet Bou Yacor ; 2 : Ravin de la Vierge.

MADRÉPORAIRES			
Porites aff. *lobatosepta*	1, 2	*Siderastraea* sp.	1, 2
Porites aff. *calabricae*	1, 2	Polypier solitaire non déterminé	2
BIVALVES			
Arca noae	1	*Codakia decussata*	1, 2
Barbatia barbata	1, 2	*Chama gryphoides*	1
Anadara turonica	2	*Cardita calyculata*	2
Chlamys pusio	1, 2	*?Cardium* sp.	1, 2
Spondylus sp.	1	*Gastrana fragilis*	2
Lima lima	1, 2	*Venus multilamella*	2
Linga columbella	2		
GASTÉROPODES			
Haliotis cf. *tuberculata*	1	*Polinices* sp.	2
Diodora sp.	2	*Cypraea* sp. 2	2
Trochidae indét.	2	*Ficus* sp.	2
Clanculus sp.	1	*Columbella* cf. *fallax*	2
Architectonica sp.	2	*Marginella* sp.	2
Turritella subarchimedis	2	*Conus* cf. *vindobonensis*	2
Vermetus sp.	1, 2	*Conus* sp.	1, 2
Thericium vulgatum	1, 2	*Bulla* sp.	2
Cerithiella exbicarinata	2		
DIVERS			
Bryozoaires	1, 2	Échinides : *Psammechinus* sp.	1, 2
Serpulidae	1, 2	Crustacés Décapodes : *Lachnopodus murdjadjensis*	2

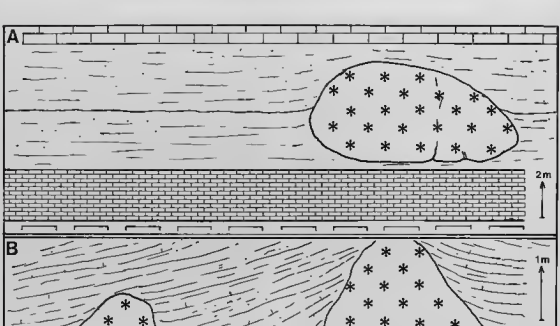
La sédimentation post-récifale

Les marno-calcaires blancs

Directement sur les épandages biodétritiques à *Halimeda*, repose une formation de marno-calcaires blanchâtres qui affleurent très bien sur le talus de la route du Ravin de la Vierge. On peut y observer de nombreuses figures de glissement synsédimentaire assez spectaculaires. A la base ce sont surtout des couches marneuses slumpées puis juste au dessus des bréches de pente impliquant un matériel à peine consolidé. Pour DELFAUD *et al.* (1973), il s'agit là d'une bréche de dissolution du gypse, mais nulle part la présence éventuelle de gypse n'est décelable. Il s'agit bien là d'un dépôt caractéristique de pente instable où des glissements gravitaires et des perturbations d'origine tectonique, synsédimentaires affectent le sédiment marno-calcaire, au droit d'une flexure. La présence de Foraminifères benthiques, rares, atteste une influence marine restreinte (BESSEDIK, communication personnelle). Vers le haut, les sédiments sont mieux organisés, présentent un litage net (soulignant un pendage généralisé vers le SE). A ce niveau, le talus de la route montre des figures d'expulsion, ce qui confirme l'instabilité du milieu et conduit à soupçonner une activité de nature sismique.

Ces mouvements sont d'autre part confirmés par l'existence d'olistolithes de récifs au sein de la formation marno-calcaire. Au niveau des sources de Misserghin on observe effectivement des masses de constructions à *Porites*, apparemment basculées et perturbant la sédimentation des couches marno-calcaires laminées (Fig. 69B). Ce même phénomène se rencontre dans le Ravin de Misserghin (Fig. 69A).

Source : MNHN, Paris



1 : Diatomites. 2 : Calcaires à *Halimeda*. 3 : Olistolithes de récif à *Porites*.
4 : Marno-calcaires blanchâtres. 5 : Calcaires lités supérieurs.

FIG. 69. — Olistolithes de calcaire récifal dans les marno-calcaires post-récifaux.
A : Ravin de Misserghin ; B : Sources de Misserghin.

L'ensemble de ces dépôts assez tendres en général vient buter contre le front récifal, englobant les dernières masses construites. Ce contact, bien net dans le Chabet Dirk et vers les Sources de Misserghin, suit un tracé presque rectiligne de direction NE-SW. Situé à une altitude avoisinant 300 m vers la ferme Giraud, il s'abaisse à 200 m au Nord de la ferme Temsalmet et disparaît sous les recouvrements quaternaires de la Sebkha. Il marque comme on l'a vu le tombant récifal principal et en souligne l'extension. Il se traduit sur le terrain et en photo aérienne par une séparation très nette entre deux types de végétation correspondant à deux lithologies différentes. Le gauchissement du massif est ainsi mis en évidence. Le pendage sédimentaire des couches post-récifales (et des corps construits pour la même raison) se trouve donc exagéré par un basculement ultérieur du horst. Il faut en tenir compte pour estimer l'ampleur des dénivellations entre les points les plus hauts du récif et les dernières constructions en direction du bassin.

Les calcaires supérieurs

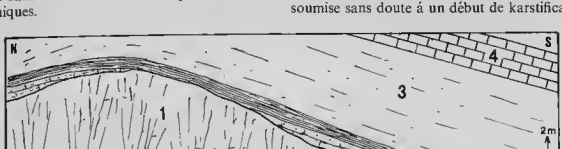
Ces calcaires, aux faciès diversifiés, représentent les derniers témoins de la sédimentation messinienne contre le Murdjadjo. Ils se situent toujours en retrait par rapport au complexe récifal. Cependant dans certains endroits, au dessus du Chabet Bou Yakor par exemple, le niveau supérieur regagne partiellement l'édifice. Contre le tombant, il s'agit surtout de couches litées, souvent oolithiques, à traces de manganèse. On peut ainsi observer aux alentours du Ahmar bel Allouti (Fig. 70) des laminations, des stratifications obliques à petite échelle et des intercalations de niveaux à accumulation de Gastéropodes (Cérithes). En s'écartant du talus, ces sédiments passent à des calcaires à

Source : MNHN, Paris

ooïdes, stromatolithes, traces de racines, pseudomorphoses de sulfates nodulaires et figures de dessiccation observables dans le Ravin de Tammermouth et les carrières de Pont Albin (ROUCHY *et al.*, 1986). Enfin vers le bassin, donc nettement en contrebas de l'édifice récifal, apparaissent des lentilles de gypse (Carrières Sainte Anne, Bou Tielis). Les bancs de gypse supérieurs s'individualisent dans les formations oolithiques et stromatolithiques.

Les stromatolithes apparaissent dans cette formation terminale sous forme de coupoles de hauteur décimétrique et de calcaires á lamination fine et contournée, montrant des figures qui évoquent des restes de filaments algaires.

La mise en évidence dans les sédiments post-récifaux de restes de racines et de craquelures de dessiccation prouvent qu'á ce moment lá, une grande partie de l'édifice se trouvait émergée et soumise sans doute á un début de karstification.



1 : Corps construit á *Porites* avec des colonies « tubulaires » en gerbes.
2 : Niveaux calcaires á Cérithes á la base, laminés et á stratifications obliques vers le haut.
3 : Marno-calcaires blanchâtres. 4 : Niveaux lités oolithiques manganésifères.

FIG. 70. — Constructions á *Porites* et sédiments post-récifaux au Ahmar bel Allouti.

Discussion

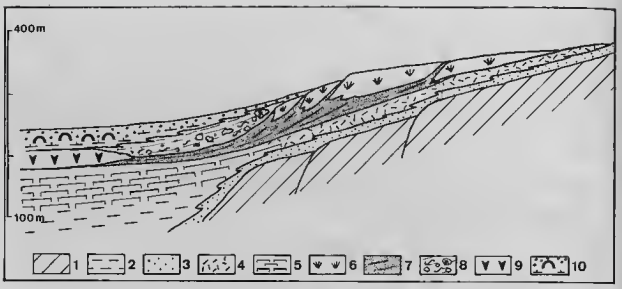
La sédimentation messinienne (Fig. 71)

Massif au profil dissymétrique, le Murdjadjo a enregistré au Messinien, sur son flanc méridional, toutes les étapes d'une transgression marine. Sur les conglomérats et grés de base, s'est installée une sédimentation calcaire de plate-forme. Cette dernière constituait une bande d'orientation NE-SW dont l'extension vers le bassin était limité par une flexuration du massif. A la limite de la plate-forme, les dépôts diatomitiques du bassin viennent s'intercaler dans les bancs algaires. La couche á Mélobésiées, á faune abondante, présentait des caractéres favorables á l'implantation corallienne en constituant un soubassement bien aplani, légérement penté vers le SE. Il s'est développé alors un imposant complexe récifal corallien dont la construction est assurée essentiellement par deux espéces de *Porites*. Ce complexe présente un emboîtement de corps récifaux plus ou moins allongés, prolongés par des épandages biodétritiques á *Halimeda*, et se relayant en direction du bassin (vers le SE). Les morphologies coloniales réalisées mettent en évidence la structure de chaque corps construit avec au niveau des fronts de grands ensembles coloniaux oú sont étroitement intriquées des gerbes subverticales, des colonies laminaires horizontales et des masses arrondies. Au droit de la flexure du massif s'établit un tombant récifal localement entaillé. Les derniéres constructions s'étagent en contrebas de ce talus. L'édification corallienne cesse alors définitivement. Une sédimentation perturbée par divers mouvements d'origine tectonique se met en place ensuite contre l'édifice et regagne une partie du talus. Elle se termine par une colonisation du milieu par des tapis cyano-bactériens et le dépôt de sédiments oolithiques. Vers le bassin s'individualisent des masses gypseuses. Le schéma d'évolution proposé, dont ROUCHY (1982a) a défini les grandes lignes, intégre les aspects géométriques de l'agencement des divers faciés induits par la paléotopographie et la présence d'un édifice récifal conséquent.

Les progradations récifales : causes et effets

La progradation généralisée des corps construits vers l'extérieur du massif peut traduire

Source : MNHN, Paris



1 : Soubassement secondaire flexuré. 2 : Marnes bleues. 3 : Niveaux détritiques de base.
4 : Calcaire à Melobésiées. 5 : Formation diatomitique. 6 : Corps récifaux coralliens progradants.
7 : Epandages biodétritiques à *Halimeda*. 8 : Marno-calcaires à figures de glissement synsédimentaires.
9 : Lentilles de gypse. 10 : Stromatolithes et calcaire oolithique à oxyde de manganèse.

FIG. 71. — Schéma interprétatif de l'évolution de la sédimentation messinienne sur le Murdjadjo.

plusieurs phénomènes : accrétion naturelle d'un édifice récifal sur une pente en direction du large, léger exhaussement du massif pendant l'activité récifale et abaissement du plan d'eau obligeant les Madréporaires à rechercher de plus en plus bas les meilleures conditions de profondeur propres à leur épanouissement. Ces trois causes peuvent d'ailleurs se conjuguer pour en accélérer les effets.

Les premières masses progradantes sont très allongées et réduites souvent à une mince lentille construite. Leurs surfaces supérieures se relient en continuité et forment des plateaux assez étendus. Il semble que l'on puisse envisager pour cette partie interne une tendance à une accrétion le long d'une pente faiblement marquée et constituée par la semelle algaire, à la limite du niveau de la mer, arasant le sommet de l'édifice.

Vers le bord méridional de ces plateaux, dont le pendage est dû en grande partie, comme on l'a vu, à un basculement ultérieur, l'abaissement et l'étagement des fronts récifaux deviennent manifestes. Ceci ne peut s'expliquer que par des fluctuations négatives du plan d'eau amenant les Madréporaires à en suivre l'évolution et donc à migrer vers la périphérie et le bas du paléorelief. Cet abaissement, dont l'ampleur semble difficile à évaluer avec précision, compte tenu du gauchissement général du massif avoisine probablement la cinquantaine de mètres. Il paraît évident que cette baisse du niveau marin a provoqué également une péjoration du milieu, par un confinement de plus accentué à mesure que l'on s'éloignait des conditions de mer ouverte. Ceci lié à des variations probables de salinité a provoqué alors la cessation de toute activité corallienne.

Une remise en eau post-récifale ?

Au pied du talus du complexe récifal les dernières constructions sont entièrement recouvertes par les sédiments marno-calcaires bréchiques. Le tombant lui-même est pour une grande part envahi par ces marno-calcaires dont l'épaisseur peut dépasser 30 m. Enfin les calcaires stromatolithiques et oolithiques qui regagnent partiellement l'édifice, succèdent en continuité à ces mêmes marno-calcaires. On peut donc en déduire que consécutivement à la fin de l'édification récifale, le domaine marin, caractérisé par un confinement certain, s'étendait sur les flancs du massif du Murdjadjo. C'est à ce moment là que le milieu est colonisé par des stromatolithes. Si globalement le développement des tapis cyano-bactériens correspond bien à une tendance générale régressive, cela n'exclut pas l'existence d'une remise en eau que les faits de terrain conduisent à envisager.

Source : MNHN, Paris

L'aspect biologique

L'histoire messinienne du Djebel Murdjadjo implique la prise en compte d'un certain nombre de phénomènes d'origine biologique. Tout d'abord la constitution d'une plate-forme carbonatée dépend étroitement de l'activité des Rhodophycées, formes colonisatrices. D'autre part, pratiquement dans le même temps, l'accumulation de frustules de diatomées à l'origine du dépôt des tripolis, est la conséquence de tout un processus, détaillé plus loin, dont les effets sont lourds de conséquence pour la vie benthique. La nature de l'élaboration récifale corallienne, si elle témoigne d'une vitalité remarquable, démontre également par son caractère oligospécifique des conditions très particulières, classiquement et bien trop schématiquement reliées à la « crise de salinité » par de nombreux auteurs (voir Chap. 3). La recolonisation partielle du milieu par des stromatolithes représente un autre aspect d'une activité biologique strictement déterminée par les caractères du confinement.

LE BASSIN DU BAS CHÉLIF : BORDURE MÉRIDIONALE

Présentation

La cadre géographique

Le bassin du Bas Chélif se présente comme une gouttière ENE-WSW. Il est bordé au Nord par les massifs côtiers oranais et au Sud par une série de massifs appartenant au Tell méridional. Le secteur étudié peut être subdivisé principalement en deux ensembles (Fig. 72) :

* Les plaines sublittorales du Chélif, de l'Habra et de la Mleta comportant un remplissage sédimentaire miocène localement très épais ;

* Le Tell méridional formé des Monts du Tessala, des Ouled Ali et des Beni Chougrane partiellement occupés par des terrains messiniens.

Les études réalisées

Les études géologiques consacrées au bassin du Chélif sont extrêmement nombreuses et on pourra en trouver l'historique et les détails dans les ouvrages de Perrodon (1957), Fenet (1975) et Thomas (1985). Il ne sera mentionné ici que les références intéressant plus particulièrement le cadre de la sédimentation messinienne.

Les premières indications fournies par Bayle et Ville (1854) et Ville (1856) restent très vagues en ce qui concerne une nette subdivision des terrains, mais on peut y trouver des listes de fossiles (Monts du Tessala). Avec Pomel (1872, 1889) est fixée une classification du Miocène dont le Sahélien représente le terme ultime. Toutefois les marnes et calcaires à Mélobésiées sont pour lui helvétiens de même que certains niveaux à Polypiers (Cheurfas et Oued Imbert), tandis que d'autres niveaux marneux (Arbal) montent dans le Sahélien. Cette confusion des faciès et des attributions stratigraphiques va perdurer avec plusieurs auteurs (Bleicher, 1874 ; Bleicher, 1875a ; Brives, 1897 ; Douvillé, 1897 ; Joleaud, 1908 ; Gentil, 1903 ; Dalloni, 1915a, b, c). En général les marnes bleues et une partie des calcaires à Algues sont placées dans l'Helvétien ou le Tortonien et les niveaux à diatomites et gypses dans le Sahélien. La présence de Madréporaires coloniaux est parfois indiquée, surtout dans les « couches à Lithothamniées », mais leur apport dans la construction n'apparaît jamais nettement (Welsch, 1893 ; Repelin, 1895). On peut signaler l'intéressante note de Carrière (1889) qui définit dans le sahélien une succession de quatre niveaux correspondant aux faciès caractéristiques du Messinien.

Dans une période plus récente une floraison d'études a permis d'affiner les observations antérieures. Malgré beaucoup d'imprécisions, les travaux de Dalloni (1952, 1954) apportent des données sur les faciès et le contenu fossilifère. L'important mémoire de Anderson (1936) décrit et définit dans le détail la composition des divers niveaux miocènes en les insérant dans un cadre stratigraphique de groupes, étages et membres dont la complexité et le peu de souplesse d'utilisation en écarteront l'usage par les auteurs suivants. De nombreuses données seront ensuite apportées sur la sédimentation du Miocène supérieur dont certaines découlent des recherches

Source : MNHN, Paris

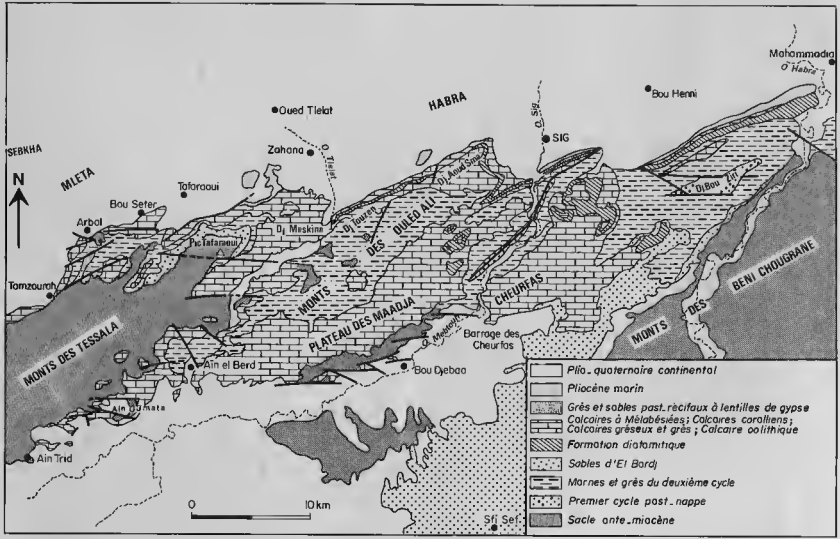


FIG. 72. — Carte géologique simplifiée de la bordure méridionale du bassin du Chelif (d'après Perrodon, 1957; Thomas, 1985).

Source : MNHN, Paris

pétrolières effectuées par la S. N. REPAL (S. N. REPAL, 1952 ; TENAILLE & BURGER, 1953 ; LOUIS & SALLE, 1953 ; MAGNÉ & TEMPÉRE, 1953 ; BUSSON & MAGNÉ, 1955). Parallèlement, la révision technogéologique des barrages algériens, apporte des renseignements sur la géologie des environs (CORNET, 1952 ; GEVIN, 1952 ; SOLETANCHE, 1952). Mais c'est la synthése de PERRODON (1955, 1957) qui va permettre de fixer les grandes lignes de la sédimentation du Miocéne terminal avec la mise en évidence des changements latéraux de faciés et de leur signification paléogéographique. L'analyse des biofaciés (TEMPÉRE, 1956), et plus particuliérement des microfaciés, contribue pour une bonne part á esquisser des reconstitutions paléogéographiques.

La détermination de l'âge de la mise en place des nappes va engendrer des discussions dont l'intérêt réside dans l'utilisation des zonations de Foraminiféres planctoniques (CITA *et al.*, 1968 ; ADDADI *et al.*, 1968 ; MAZZOLA, 1970). On commence alors á assimiler le Miocéne terminal au Messinien, sur la base de l'apparition de marqueurs bien définis (TAUECCHIO & MARKS, 1973 ; BARBIERI *et al.*, 1974).

DELFAUD *et al.* (1973) établissent un schéma général d'évolution sédimentologique. L'étude des formations gréseuses (NEURDIN-TRESCARTES, 1974) s'insére dans ce cadre.

FENET (1975b), puis THOMAS (1985) abordent l'aspect géodynamique de la géologie du Néogéne dans cette région. ROUCHY (1979, 1980, 1981, 1982a, 1982b) dégage les caractéres les plus significatifs de la sédimentation messinienne du bassin du Chélif en apportant des datations nouvelles et en situant les différents faciés rencontrés en fonction du phénoméne évaporitique. Il signale par ailleurs, au sein de la « barriére récifale méridionale á Lithothamniées », l'apparition d'anomalies morphologiques subcirculaires correspondant á de petits édifices récifaux á Coralliaires.

L'existence d'une frange de constructions récifales coralliennes sur la bordure méridionale du Bas Chélif n'a été mise en évidence que tout récemment (SAINT MARTIN *et al.*, 1983 ; SAINT MARTIN, 1984). Il s'agit pourtant lá d'un fait important, tant par les implications sédimentaires que par la généralisation du phénoméne.

La région est couverte par les cartes géologiques au 1/50 000 d'Arbal (DOUMERGUE, 1931), Sig (EHRMANN, 1922 ; BOULAINE & PERRODON, 1957), Perrégaux (DALLONI, 1936) et Ain el Berd (FENET, 1975a).

Les constructions coralliennes : répartition

Les constructions coralliennes sont présentes de maniére presque continue sur le revers nord des monts des Tessala, des Ouled Ali et des Beni Chougrane depuis Tamzourah á l'Ouest jusqu'aux abords de Mohammadia á l'Est. Elles s'interrompent seulement localement au niveau de Sig sur quelques kilométres. Les délimitations géographiques (Tessala-Ouled Ali-Beni Chougrane) s'avérent donc ici illusoires compte tenu de l'aspect continu du phénoméne. Une forte tectonique récente ayant affecté la bordure de ces massifs, les niveaux récifaux apparaissent trés souvent déformés, ce qui ne facilite guére l'évaluation de leur extension et l'analyse de la morphologie récifale. Une cartographie détaillée des divers faciés récifaux en serait aléatoire. Dans le cadre de cette étude seront proposées préférentiellement certaines sections particuliéres, plus favorables á l'observation, mais qui permettent cependant de suivre l'évolution latérale du phénoméne sur une grande distance (60 km) et de montrer que les caractéristiques de la sédimentation pré-récifale expliquent en grande partie celles de l'épisode construit á Madréporaires.

Une autre bande récifale discontinue plus anciennement connue se développe sur le revers méridional des Ouled Ali, depuis Ain Trid á l'Ouest jusqu'au barrage des Cheurfas á l'Est.

Le contexte géologique : aperçu

Le premier cycle post-nappe sur les bordures des massifs méridionaux se caractérise par une sédimentation continentale conglomératique et marneuse, bien développée vers Tafaraoui. L'âge retenu pour ces formations couvrirait une partie du Serravallien et du Tortonien (THOMAS, 1985).

La transgression du deuxiéme cycle post-nappe intervient sur un paléorelief diversifié conduisant á l'individualisation de divers types de sédiments dont la compréhension des relations et de l'agencement a posé des problémes pour l'établissement d'une stratigraphie bien définie. Le cycle débute par une formation détritique, gréseuse sur les marges, qui passe verticalement et latéralement (vers le bassin) á des marnes bleues. Ces marnes bleues torto-

Source : MNHN, Paris

niennes constituent alors un faciès largement réparti, qui cède la place sur les bordures à des calcaires construits à Mélobésiées. Des lits de cinérites, interstratifiés dans les marnes bleues, indiquent la manifestation d'une activité volcanique. Le sommet des marnes bleues renferme une microfaune qui détermine biostratigraphiquement le passage dans le Messinien. La sédimentation qui surmonte ces marnes marque le maximum de l'extension de la mer messinienne avec des dépôts diversifiés : diatomites, calcaires marneux, calcaires à Algues, grés. C'est dans ce contexte, mais en position sommitale, que se réalise l'édification corallienne. Le retrait de la mer, le confinement sont à l'origine de l'épisode évaporitique. La mer pliocène ne regagne que partiellement le domaine évacué et laisse des sédiments à cachet littoral. La phase tectonique majeure du Pleistocène inférieur est responsable de la déformation des formations miocènes, parfois relevées à la verticale, par des plis NW-SE induits par le jeu de grands décrochements (THOMAS, 1985).

LE REBORD SEPTENTRIONAL DU TELL

Introduction

Le secteur considéré représente une bande d'environ soixante kilomètres qui borde au Nord les reliefs constituant le Tell méridional, depuis le Djebel Tessala jusque vers Mohammadia, à l'extrémité occidentale des Beni Chougrane. L'intense déformation des couches messiniennes au bord des plaines sublittorales a pour effet de morceler les affleurements de calcaires récifaux qui sont observables mais de manière très fragmentaire à la faveur de l'entaille des oueds descendant des massifs méridionaux (Fig. 73, 74). Ils constituent parfois le cœur de petits anticlinaux (Chabet et Aricha, Oued Ouenkis...).

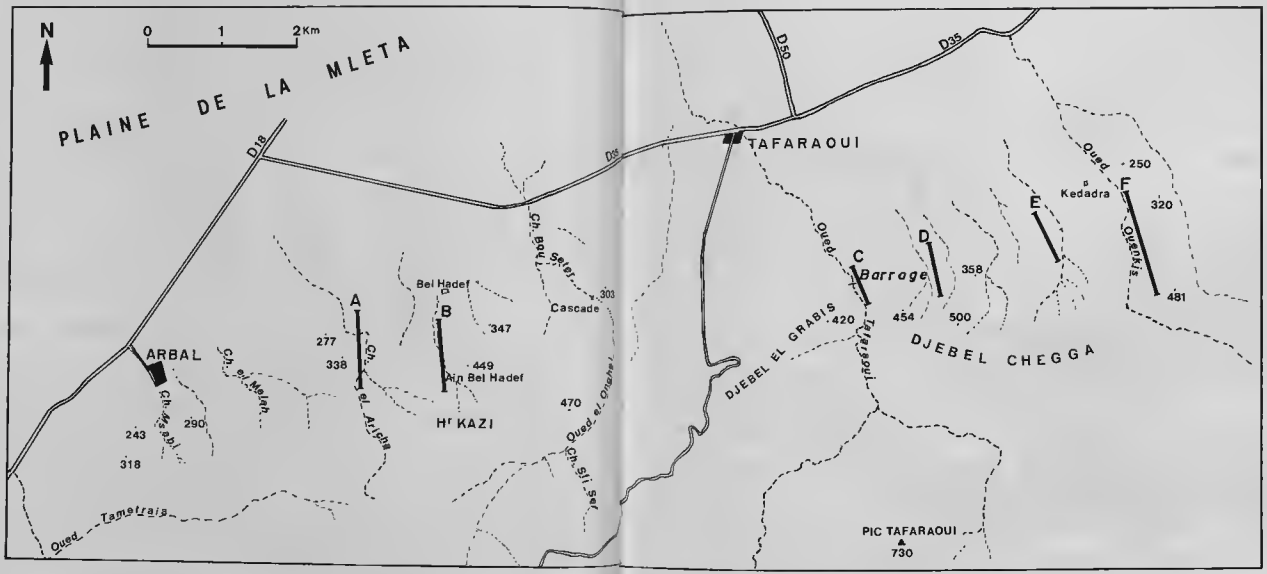
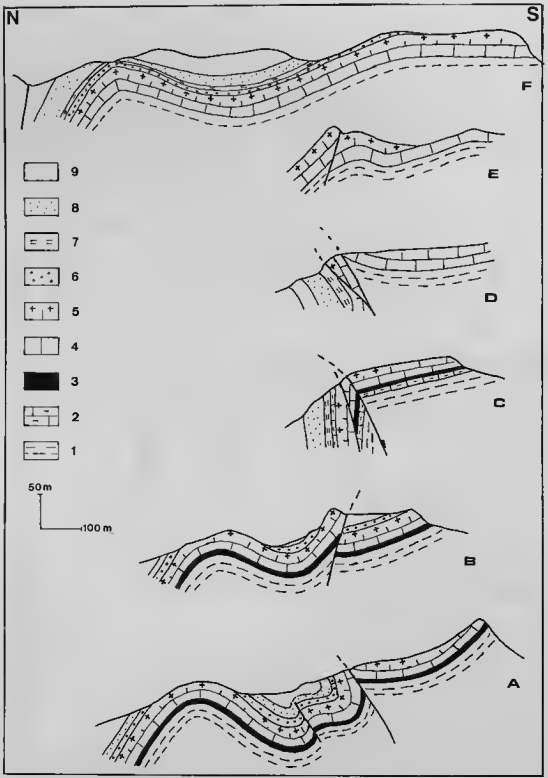


FIG. 73. — Carte de situation du secteur Arbal-Tafaraoui.
(A, B, C, D, E, F coupes Fig. 74).

Source : MNHN, Paris



1 : Marnes bleues. 2 : Calcaire marneux. 3 : Diatomites. 4 : Calcaires à Mélobésiées. 5 : Calcaire récifal corallien. 6 : Calcaire oolithique. 7 : Marnes blanches litées. 8 : Sables. 9 : Formations continentales récentes.

FIG. 74. — Coupes montrant les déformations affectant les couches messiniennes dans le secteur Arbal-Tafaraoui (d'après Thomas, 1985 ; emplacement des coupes Fig. 73).

Source : MNHN, Paris

Le secteur d'Arbal

La sédimentation miocène

Le Miocène affleure largement sur la partie nord-orientale du Djebel Tessala. Des faciés variés se répartissent depuis le socle jusqu'á la Sebkha (Fig. 75).

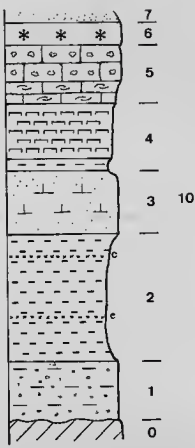
Les marno-calcaires débordent les limites d'extension des marnes bleues sous-jacentes et reposent directement sur le substratum ou les conglomérats continentaux, vers le Sud. Il s'agit alors d'un faciés très littoral, détritique à éléments hétérogénes, riche et Échinides (*Clypeaster, Amphiope*), Bivalves (Ostreidae) et Balanes. C'est de cette formation que proviennent sans doute les restes d'un Lamantin, *Metaxitherium* (J. J. JAEGER : communication personnelle).

Les calcaires à Algues (au sens large) affleurent aussi largement vers le Sud où ils devaient constituer des plates-formes plus ou moins étendues. Les constructions coralliennes n'apparaissent que sur la périphérie septentrionale, où elles sont généralement fortement relevées ; elles n'affleurent que sur une faible tranche avec une puissance ne dépassant pas 5 m. On peut les observer à proximité immédiate du domaine d'Arbal, dans le ravin du Chabet Msabi. Les constructions sont élaborées uniquement par *Porites*. La forme des colonies et leur arrangement sont très confus : masses arrondies, tapis plus ou moins épais, digitations...

L'aspect paléontologique

Les calcaires récifaux n'offrent pas des conditions d'affleurement suffisamment bonnes pour en déterminer le contenu paléontologique. Par contre on peut suivre aux abords d'Arbal l'évolution dans la composition des assemblages fossiles.

Des études de microfaune réalisées sur la coupe d'Arbal (J.-M. ROUCHY et J. CRAVATTE, communication personnelle) montrent que le passage au Messinien s'effectue au sommet des marnes bleues. L'environnement évoluerait d'une plate-forme moyenne á externe (grés, marno-calcaires et partie des diatomites) jusqu'à une plate-forme littorale et moyenne à éventuelles influences saumâtres (base des calcaires á Algues et Madréporaires).



7. Formations continentales rouges plio-pleistocénes.

6. Niveau récifal à Madréporaires. A partir de Tamzourah il constitue une barre relevée, très visible dans la topographie, venant buter sur la faille d'Arbal et reparaissant un peu à l'Est du domaine d'Arbal.

5. Calcaire à Mélobésiées. Il constitue l'assise du niveau corallien et est formé d'encroûtements et de boules. Une faune de grands Pectinidae lui est associée. A la base il s'agit d'un calcaire lumachellique comportant une part d'Algues calcaires. Les Bivalves récollés sont surtoul des Pectinidae, des Cardiidae et des Veneridae.

4. Formation diatomitique constituée d'une alternance de marnes, de lamines diatomitiques à passées siliceuses et de marno-calcaires á faune benthique (Bryozoaires). Les marnes de base livrent, parmi une riche microfaune, *Globoratalia mediterranea* qui indique le Messinien biostratigraphique.

3. Marnes, calcaires marneux et gréseux trés fossilifères. Ils affleurent juste au-dessus du domaine d'Arbal á la faveur d'un décrochement et jouxtent les calcaires supérieurs.

2. Marnes bleues à passées cinéritiques (c), épaisses vers le Sud.

1. Marnes et conglomérats rubéfiés du premier cycle post-nappe.

0. Socle secondaire (Crétacé).

FIG. 75. — Coupe synthélique des environs d'Arbal.

Source : MNHN, Paris

Les marno-calcaires (gréseux vers le Sud) renferment une riche faune, souvent ferruginisée et déformée, signalée par POMEL (1889). Les Madréporaires y sont représentés par des formes solitaires, *Placotrochus* et *Stephanophyllia*, et une forme coloniale *Siderastraea* dont la présence annonce des conditions propres à un développement récifal. Parmi les Bivalves on peut reconnaître : *Barbatia barbata, Pecten* sp., *Amusium cristatum, Diplodonta rotundata, Codakia decussata, Codakia* sp., *Glossus* sp., *Tellina* cf. *planata, Venus multilamella, Venus* sp... Les Gastéropodes en général mal conservés, écrasés, s'avèrent peu déterminables : Trochidae, *Architectonica, Turritella*, Cerithidae, *Natica, Conus*. Le reste de la faune se compose d'Échinides (*Schizaster, Brissopsis*) et de Décapodes avec *Cancer deshayesi* (détermination de P. MÜLLER).

La formation diatomitique se compose d'une alternance de niveaux laminés diatomitiques où abondent les restes de Poissons, de marnes à microfaune de petite taille et spicules de Spongiaires et de calcaires marneux blanchâtres où l'on récolte des Bryozoaires (MOISSETTE, 1984, 1988) dont *Celleporina costazi* et surtout des Échinides de la famille des Spatangidés.

Les calcaires à Algues à passées lumachelliques contiennent des Bivalves (*Arca noae*, Pectinidae, *Spondylus, Ostrea, Linga columbella, Tellina planata, Tapes*...), des Bryozoaires encroûtants, des Échinides (*Schizechinus, Schizaster, Clypeaster*) et quelques Brachiopodes (*Terebratula*).

On constate donc l'évolution d'une faune de milieux plutôt vaseux (marno-calcaires et intercalations calcaires dans les diatomites) vers des associations de plate-forme carbonate (calcaires à Algues et constructions corralliennes).

Le Chabet el Aricha

L'accident d'Arbal interrompt les affleurements de calcaires messiniens qui réapparaissent un peu plus à l'Est à partir du Chabet el Melah qui les recoupe. La barre corallienne est très nette sur la rive droite et forme un surplomb. Elle est recouverte par un niveau calcaire microvacuolaire qui plonge vers le Sebkha sous les dépôts continentaux. Un peu plus loin, le Chabet el Aricha montre une coupe semblable mais plus détaillée, livrée par PERRODON (1957) avec une apparente exagération des épaisseurs (Fig. 74A) :

* Schistes crétacés ;
* Marnes et conglomérats rouges du premier cycle ;
* Sables argileux et grés localement conglomératiques ; ils ne correspondent pas obligatoirement à la base des marnes bleues comme l'indique PERRODON mais plutôt à un faciés littoral transgressif sur les conglomérats continentaux ou sur le socle et débordant sur les marnes bleues ;
* Marnes bleues à passées cinéritiques ;
* Marnes blanches diatomitiques ;
* Calcaire blanc massif coquillier ;
* Sables rouges pliocénes.

Le calcaire blanc massif de PERRODON recouvre en réalité plusieurs faciés bien distincts. A la base il s'agit de calcaire marneux qui se charge en Mélobésiées ; la densité des Algues augmente pour constituer une couche cohérente. Sur l'assise algaire se développe une construction corallienne à *Porites*, atteignant 10 m de puissance et constituant exactement le cœur du petit anticlinal qui détermine le premier bombement à partir de la Sebkha. Au-dessus vient un niveau calcaire lité, d'apparence microvacuolaire. Il s'agit en fait d'une formation oolithique, admettant des passées microlumachelliques. L'analyse du microfaciès révéle en effet un calcaire à oolithes partiellement dissoutes et micritisées, dont le nucleus est de nature biodétritique avec des débris d'Algues, de radioles d'Échinides, de coquilles.

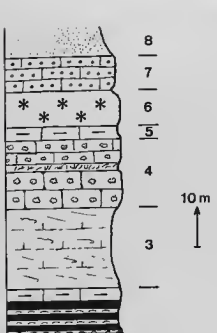
Une autre coupe plus orientale, sur le flanc nord du Hammar Kazi permet de suivre vers l'arriére le niveau récifal (Fig. 74B). La qualité des affleurements est toutefois insuffisante pour en préciser les caractéristiques. De plus l'accident d'Arbal décale l'ensemble, ce qui rend des observations continues et une cartographie précise délicates. On retrouve donc aux alentours d'Ain Bel Hadef une barre corallienne à *Porites*, fortement pentée reposant sur des calcaires à Algues.

Le secteur de Bou Seter

La sédimentation messinienne au Chabet Bou Seter

Le Chabet Bou Seter, relié vers le Sud à l'Oued El Onghel, offre une coupe assez complète dans les sédiments messiniens (Fig. 76). Au débouché du chabet vers la Sebkha les couches sont

Source : MNHN, Paris



8. Couches plio-pleistocènes continentales.

7. Calcaire lité oolithique.

6. Niveau récifal corallien à *Porites*. Il se prolonge vers l'Est jusqu'aux abords du village de Tafaraoui.

5. Calcaire marneux.

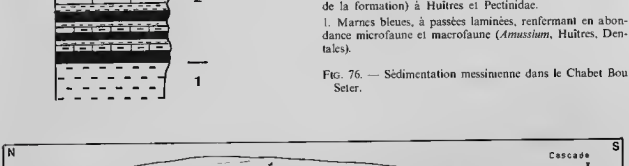
4. Calcaire à Mélobésiées comportant une passée à Annélides tubicoles.

3. Calcaire marneux à figures de glissements synsédimentaires.

2. Formation diatomitique constituée de la répétition de séquences à plusieurs termes : marno-calcaires blancs à macrofaune de fonds vaseux (Echinides, Dentales...), marnes laminées, diatomites et horizons silicifiés montrant fréquemment des bioturbations, lumachelles (seulement vers le haut de la formation) à Huîtres et Pectinidae.

1. Marnes bleues, à passées laminées, renfermant en abondance microfaune et macrofaune (*Amussium*, Huîtres, Dentales).

FIG. 76. — Sédimentation messinienne dans le Chabet Bou Seter.



1 : Marnes bleues. 2 : Formation diatomitique 3 : Marno-calcaires slumpés. 4 : Calcaires à Algues
5 : Niveau corallien à *Porites*. 6 : Calcaires oolithiques.

FIG. 77. — Panorama de la cascade du Chabet Bou Seter (section de 300 m environ).

d'abord relevées et faillées puis presque horizontales jusqu'au niveau de la Cascade (Fig. 77). Ce secteur représente l'un des sites privilégiés pour l'observation des caractéristiques récifales, les déformations tectoniques n'affectant qu'une partie de l'édifice. On peut y suivre également facilement l'évolution de l'environnement sédimentaire durant une grande partie du Messinien.

Source : MNHN, Paris

Caractéristiques de la sédimentation pré-récifale.

La formation diatomitique montre la répétition de séquences à termes calcaires, marneux et diatomitiques. Les niveaux à diatomites sont le plus souvent bioturbés à leur partie supérieure. Les silicifications soulignent l'existence de slumps, témoignant de glissements syndédimentaires qui se manifestent déjà lors du dépôt des diatomites. Vers le haut de la formation on observe l'alternance des niveaux laminés marneux ou siliceux avec des lumachelles à Huîtres, peu épaisses.

La formation diatomitique est surmontée d'une épaisse série de marno-calcaires assez diversifiée comportant des passées biodétritiques, algaires ou lumachelliques. Vers la base des Échinides (*Schizaster*) abondent. La principale caractéristique de cette série est la fréquence des phénomènes de glissements synsédimentaires qui s'expriment par des slumps et une sédimentation chaotique, très visible vers la cascade.

Les calcaires à Mélobésiées constituent une couche qui tranche par son aspect homogène avec la série sous-jacente. Cependant ils admettent en leur milieu une passée marno-calcaire peu épaisse, très chargée en tubes d'Annélides, où l'on peut mettre de nouveau en évidence des déformations synsédimentaires.

En conclusion les caractéristiques de la sédimentation pré-récifale démontrent l'individualisation progressive d'une topographie positive, marquée par le glissement des sédiments sur la pente ainsi formée, et qui aboutit à l'installation d'un environnement de haut-fond favorable au développement des Mélobésiées et des Madréporaires.

Caractéristiques de l'édification corallienne

Au niveau du Chabet Bou Seter, les constructions coralliennes, toutes assurées par des colonies de *Porites*, se répartissent selon une zonation très nette. Vers le Sud, il s'agit de grandes lentilles dont l'extension ne dépasse pas 100 m pour une puissance variable (3 à 8 m) et qui s'individualisent sur la semelle algaire au sein d'une sédimentation marno-calcaire (Fig. 77) ; l'ensemble s'estompe vers le Nord et il ne subsiste alors que des petites masses coralliennes éparses. Les caractères mêmes de ces constructions sont difficilement appréciables ; il s'agit de masses irrégulières formées d'un réseau de colonies constituant des tapis plus ou moins contournés.

Les affleurements dégagés par le chabet directement au-dessus de la cascade montrent un ensemble confus de colonies arrondies, plus ou moins mamelonnées, le sédiment de remplissage soulignant le contour des colonies et renfermant des éléments biodétritiques et une faune difficilement déterminable avec surtout des Bivalves (*Lima lima, Codakia decussata, Jouannetia*) et quelques Gastéropodes (*Cypraea* sp., *Conus* sp.) ; il est fort possible que cela corresponde en fait au remplissage d'une entaille dans l'édifice. En effet l'existence d'une « passe » est fortement suggérée par le pendage généralisé des couches récifales (construites et biodétritiques) vers le lit du chabet, d'autant plus net que l'on s'avance vers la partie externe du récif, c'est-à-dire vers le Nord.

À l'entrée du chabet, s'observe un épaississement des constructions en direction de la Sebkha. L'ensemble présente l'aspect caractéristique d'un front récifal externe (Fig. 78), avec une succession de couches pentées se recouvrant vers l'extérieur et marquant l'avancée du tombant récifal. Autour de ce dernier la sédimentation présente un aspect chaotique avec des blocs de grandes dimensions noyés dans un sédiment pulvérulent et des épandages biodétriques chargés de fragments d'*Halimeda*.

Plus en amont affleurent encore quelques masses coralliennes sur les couches à Mélobésiées qui remplissent le fond de l'Oued Onghel et montrent par endroit de riches accumulations de Pectinidae. En position très interne, très près du contact avec le socle secondaire, dans la partie méridionale du secteur, au débouché du Chabet Sfisef, on découvre d'autres pointements coralliens, en réalité très limités. La série messinienne est décalée à cet endroit par une faille.

Dans le fond du Chabet Sfisef apparaissent des petites masses arrondies, dont le cœur est déterminé par des constructions à *Porites*, moulées par des couches gréseuses litées présentant des stratifications obliques et des figures de glissement (petits slumps). Un lit biodétritique à Algues marque le sommet des masses construites coralliennes (Fig. 79).

Au dessus du Chabet Sfisef sur sa rive gauche les sédiments messiniens se trouvent décalés et on peut suivre la coupe suivante de bas en haut :

Source : MNHN, Paris

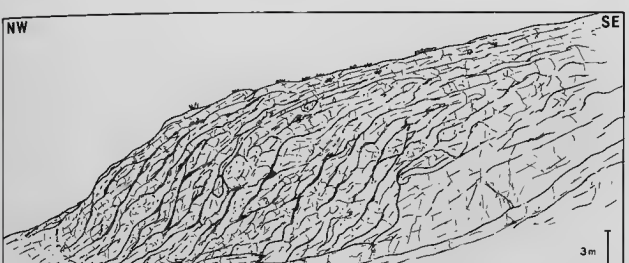


FIG. 78. — Détail du tombant récifal à l'entrée du Chabet Bou Seter.

1 : Masse construite à *Porites*. 2 : Niveau biodétritique renfermant des Mélobésiées.
3 : Calcaire gréseux lité à slumps (a) et stratifications obliques (b).
FIG. 79. — Masses récifales à *Porites* du Chabet Sfisef.

* Marnes jaunâtres (10 m) ;

* Niveau conglomératique à éléments arrondis du socle (3 m) ;

* Calcaire gréseux à débris de Mélobésiées se chargeant progressivement en rhodolithes ;

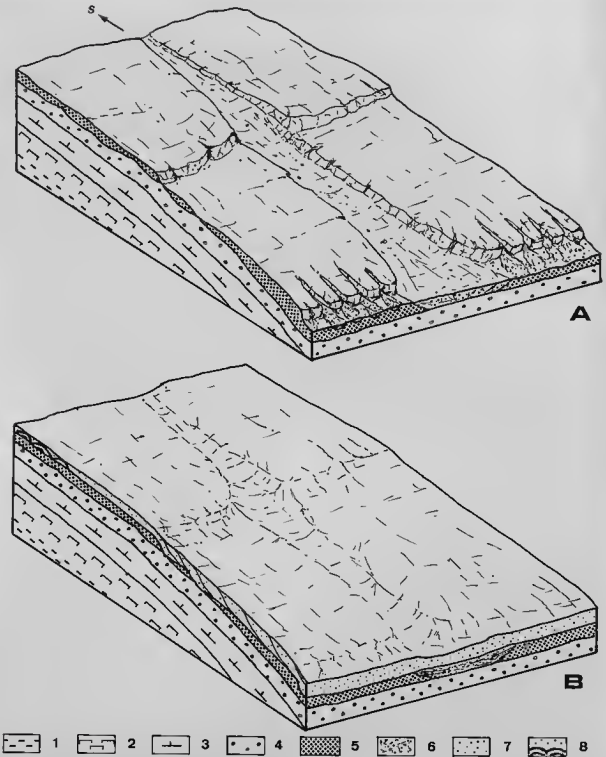
* Niveau à Algues et Madréporaires (*Porites* et *Siderastraea*) à sédiments de remplissage biodétritique ; latéralement cette barre corallienne semble s'ennoyer dans des niveaux marno-gréseux lités blanchâtres à macrofaune rare.

La sédimentation post-récifale

Les constructions coralliennes à *Porites* sont recouvertes par des niveaux lités oolithiques qui scellent la morphologie récifale. En direction de la Sebkha, ces niveaux oolithiques se subdivisent en fait en une suite de petits corps emboîtés déterminant un phénomène de progradation vers le centre du bassin. Chacun de ces corps oolithiques montre sur son front, au niveau de la rupture de pente une sédimentation de nature détritique, souvent microconglomératique. Des figures très nettes de dessiccation (mud-cracks) et des ripple-marks indiquent la faible profondeur de ce type de dépôts soumis à des émersions temporaires.

Vers l'intérieur, au niveau de la cascade, des structures en dôme recouvrent les constructions récifales et suggèrent une activité cyanobactérienne. On y distingue en superposition des niveaux à ooïdes grossiers, des petits lits fibreux, des laminations et des horizons de calcaires blancs à Cérithes.

Source : MNHN, Paris



1 : Marnes. 2 : Formation diatomitique. 3 : Marno-calcaires à figures de glissements gravitaires. 4 : Calcaire à Mélobésiées
5 : Récifs à *Porites*. 6 : Sédiments bréchiques et biodétritiques 7 : Calcaires oolithiques. 8 : Coupoles stromatolithiques.

FIG. 80. — L'évolution sédimentaire au Messinien dans les environs du Chabet Bou Seter.

A) Situation pendant l'édification corallienne.

B) Situation après le recouvrement par les sédiments post-récifaux oolithiques et stromatolithiques.

Source : MNHN, Paris

Conclusion

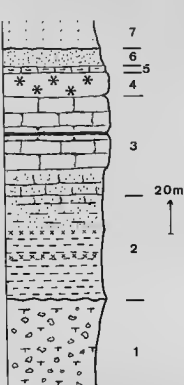
L'étude des affleurements messiniens du secteur de Bou Seter révéle donc les aspects fondamentaux de l'évolution des environnements.

Alors que se déposent dans un bassin subsident ouvert des marnes bleues á riche microfaune, un mouvement transgressif recule les limites du rivage vers le Sud en gagnant l'arriére pays. C'est le moment où se produit l'essentiel de l'accumulation diatomitique, nettement cyclique avec des intercalations de marnes et calcaires à faune benthique. Des mouvements de surrection, dont la direction et l'emplacement préfigurent les structures actuelles, perturbent cette sédimentation en bordure des bombements réalisés. Il se constitue ainsi une zone de haut-fond où régne un environnement de plate-forme carbonatée. L'activité des Algues permet la constitution d'une couche localement épaisse de calcaire biogéne. Les figures de glissement fréquentes caractérisent les dépôts sur la pente qui s'individualise peu á peu. Les constructions coralliennes s'élaborent en fonction de cette paléotopographie. En position trés interne il s'agit de pâtés englobés dans une sédimentation détritique côtiére ; vers le bassin s'individualise un édifice plus consèquent avec des masses construites lenticulaires discontinues ; en position externe s'établit un talus bien marqué ; l'ensemble est recoupé par des entailles assez larges où se dépose un matériel grossiérement détritique (Fig. 80A). La fin de l'épisode récifal corallien coïncide avec l'installation d'un nouvel environnement, confiné, admettant des phases émersives, caractérisé par une sédimentation oolithique généralisée et plus favorable au développement stromatolithique (Fig. 80B).

Le secteur de Tafaraoui

La sédimentation messinienne

Le cours de l'Oued Tafaraoui recoupe tout le rebord septentrional des monts des Ouled Ali, depuis le substratum secondaire qui ressort notamment au niveau du Pic de Tafaraoui (730 m) jusqu'á la plaine de la Sebkha. Un barrage ancien ferme la gorge étroite formée par les formations messiniennes au débouché de l'oued sur la plaine. A partir des observations effectuées dans ce large secteur on peut dresser une coupe synthétique dégageant les principaux traits de l'histoire géologique néogéne (Fig. 81).



7. Couches rouges continentales récentes.

6. Grés classiquement attribués au Pliocène.

5. Marnes et calcaires marneux.

4. Niveau récifal corallien relevé à la verticale. Les constructions sont dües essentiellement à *Porites* et accessoirement à *Siderastraea*.

3. Calcaires à Mélobésiées, gréseux à la base avec une intercalation marno-diatomitique peu importante. On remarque la succession de niveaux séparés par des surfaces de discontinuité, dont certains lumachelliques (niveau à Tèrèbratules par exemple).

2. Marnes bleues à passées cinéritiques passant vers le haut á des marnes sableuses jaunâtres. La microfaune y est abondante. Localement on peut observer des accumulations d'Huîtres (*Ostrea lamellosa*).

1. Formations détritiques du premier cycle post-nappe. C'est la formation de l'Oued Tafaraoui de Neurdin-Trescartes (1974), largement développée vers le Sud, en contact avec le substrat.

0. Socle secondaire qui affleure prés du barrage avec des schistes fortement tectonisés.

FIG. 81. — La sédimentation miocène dans le secteur de Tafaraoui.

Source : MNHN, Paris

Au niveau du barrage, le relèvement des couches (Fig. 74C) permet de suivre dans le détail la succession des divers niveaux qui constituent l'ensemble de la sédimentation messinienne, et plus particulièrement des faciés de calcaires construits (Fig. 82).

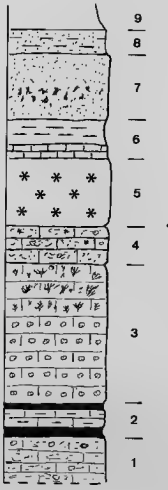
Les constructions coralliennes

L'essentiel de la construction est encore ici assurée par le genre *Porites*. Les colonies de *Siderastraea* ne sont pas rares mais n'interviennent pas réellement dans la constitution de l'armature. Les morphologies coloniales de *Porites* s'avèrent difficiles à définir, car très variables. Le bâti corallien se compose en effet de tapis, couches, masses contournées séparés par un sédiment calcaire de remplissage biodétritique renfermant des débris d'Algues et de nombreux organismes.

L'extension apparente du niveau récifal vers l'arrière est limitée au Djebel Chegga. La partie externe de l'édifice n'est pas visible, à cause du plongement vertical des couches vers la Sebkha. Latéralement, la barre récifale se prolonge vers l'Est où un système de faille inverse la fait ressortir de manière marquée dans la topographie (Fig. 74D, Fig. 83). Par contre elle semble disparaître vers l'Ouest au niveau du Djebel Grabis.

La faune récifale

Le niveau récifal a livré au barrage de Tafaraoui une faune abondante, particulièrement intéressante (Tabl. 14). Compte tenu du caractère un peu particulier de la construction, où colonies et remplissage sont étroitement imbriqués, il n'est pas étonnant que la faune d'accompagnement présente un mélange de formes fouisseuses de substrat meuble et de formes habituelles des substrats durs.



9. Couches rouges conglomératiques quaternaires.

8. Marnes sableuses.

7. Grès plus ou moins indurés présentant des petits ravinements, des galets mous et de nombreux terriers.

6. Marnes blanches sans faune apparente reposant sur des marno-calcaires blanchâtres en plaquettes séparés du terme précédent par un mince liseré de marnes vertes dépourvues de microfaune.

5. Niveau récifal corallien principal. La trame de la construction est constituée entièrement de colonies de *Porites*. Le remplissage intercolonial renferme une abondante macrofaune de Bivalves et de Gastéropodes.

4. Niveau biodétritique à débris de Mélobésiées comportant des colonies plus ou moins denses de *Porites* et de *Siderastraea* et d'abondants Bryozoaires. En fait l'enrichissement en Madréporaires s'avère progressif jusqu'à l'individualisation de la masse construite terminale.

3. Formation marno-calcaire à Mélobésiées. Elle est constituée de la succession de niveaux discontinus. Vers la base ce sont surtout des rhodolithes qui peuvent atteindre une grande densité. Vers le sommet on peut observer les bouquets de Corallines signalés par ROUCHY (1982a). Certains bancs, moins chargés en Algues livrent une riche faune d'Echinides (*Schizaster, Brissopsis, Schizechinus* et plus rarement *Clypeaster*).

2. Formation marno-diatomitique. Deux petits niveaux à diatomites interrompent les calcaires à rhodolithes. Ils se présentent sous forme de marnes laminées, faiblement diatomitiques, à restes de Poissons bien conservés. Dans les marnes grises intercalées riches en Décapodes du genre *Maja*, MOISSETTE (1984, 1988) a récolté des Bryozoaires (dont *Aplousina babiesi*).

1. Calcaires à rhodolithes.

FIG. 82. — Les formations messiniennes au barrage de Tafaraoui.

Source : MNHN, Paris

1 : Marnes jaunes de base. 2 : Calcaires à Mélobésiées. 3 : Barre corallienne. 4 : Formation gréseuse. 5 : Couches rouges récentes.

FIG. 83. — Panorama du flanc septentrional du Djebel Chegga à l'Est de Tafaraoui.

TABLEAU 14. — Faune des constructions coralliennes de Tafaraoui.

MADRÉPORAIRES	
Porites sp.	*Siderastraea* cf. *crenulata*
BIVALVES	
Anadara turonica	*Cardita calyculata*
Glycymeris sp.	*Glans intermedia*
Botula fusca	*Cardium* sp.
Chlamys pusio	*Gastrana fragilis*
Chlamys lingwafelis	*Venus multilamella*
Pecten aduncus	*Dosinia exoleta*
Lima lima	*Tapes basteroti*
Limea columbella	*Pholadidea* sp.
Codakia decussata	*Jouannetia tournoueri*
Diplodonta rotundata	
GASTÉROPODES	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Ficus* sp. 1
Clanculus cf. *cruciatus*	*Ficus* sp. 2
Vermetus sp.	*Conus* cf. *dujardini*
Thericium vulgatum	*Conus* sp.
Cypraea sp. 2	*Bulla* sp.
ÉCHINIDES	
Psammechinus ?	*Brissus unicolor*
CRUSTACÉS	
Décapodes : *Actaea calzadai*	Cirripèdes Balanidae : *Creusia oraniensis*
DIVERS	
Bryozoaires	Serpulidae

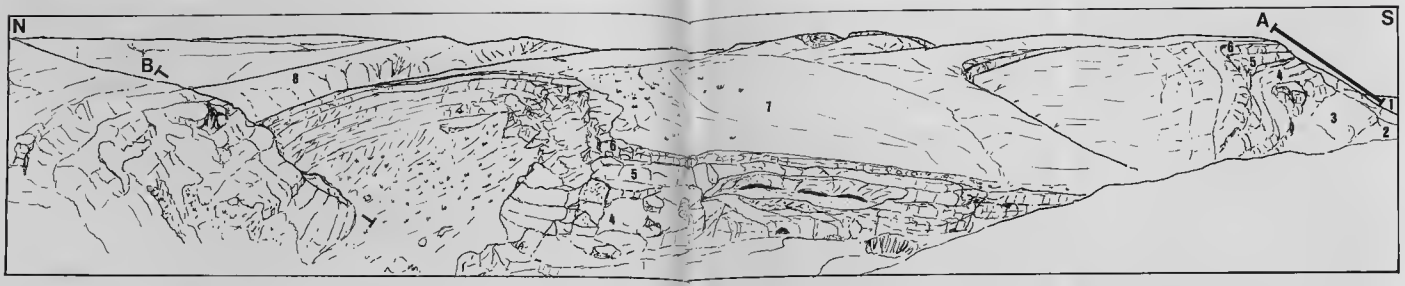
L'Oued Ouenkis : extrémité orientale du Djebel Chegga

La série messinienne

L'Oued Ouenkis limite le Djebel Chegga dans sa partie orientale. Il recoupe les formations messiniennes affectées par deux bombements anticlinaux et un accident (Fig. 74F). Deux coupes ont été effectuées : l'une vers le Sud qui permet de suivre entièrement la série et l'autre à l'entrée de l'oued qui entaille les niveaux calcaires supérieurs (Fig. 84).

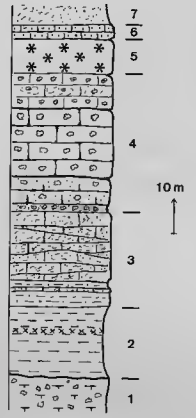
Le socle secondaire affleure derrière le Djebel Chegga et la sédimentation du deuxième cycle post-nappe intervient après le dépôt des conglomérats et marnes rouges du premier cycle bien développés dans le secteur (Fig. 85).

Source : MNHN, Paris



1 : Marnes et conglomérats du premier cycle post-nappe. 2 : Marnes bleues du deuxième cycle. 3 : Calcaires et marnes gréseuses. 4 : Calcaires à Mélobésiées. 5 : Niveau construit à Madréporaires.
6 : Calcaire lité oolithique. 7 : Grès et marnes sableuses. 8 : Couches rouges continentales pleistocènes.
A : Coupe Fig. 85 B : Coupe Fig. 86.

FIG. 84 : Panorama de l'Oued Ouenkis.



7. Grès et marnes sableuses.

6. Calcaire lité gréseux à oolides.

5. Niveau corallien à *Porites*, *Tarbellastraea* et *Siderastraea*.

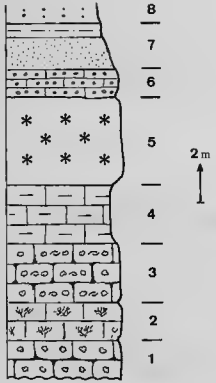
4. Formation des calcaires à Algues. Elle est constituée par plusieurs bancs séparés par des discontinuités. On repère plusieurs horizons d'accumulation d'Huîtres. A la base les niveaux sont gréseux ou marno-gréseux et renferment surtout des rhodolithes liés à une faune de Bivalves (*Gigantopecten latissimus*, *Pecten* sp., *Chlamys*, Huîtres). Cela correspond au faciès observé au barrage de Tafaraoui, avant la passée diatomitique ici absente. Les derniers bancs par contre, toujours chargés en rhodolithes, sont beaucoup plus massifs et calcaires.

3. Calcaires gréseux biodétritiques à sédimentation lenticulaire, chenalisée (?). Au début il s'agit de marnes jaunes sableuses à passées algaires.

2. Marnes bleues présentant une intercalation cinéritique.

1. Marnes et conglomérats rouges du premier cycle post-nappe.

FIG. 85. — La série messinienne à l'extrémité orientale du Djebel Chegga.



L'examen détaillé des niveaux supérieurs, observables au débouché de l'oued, près du Douar Kedadra, apporte des éléments complémentaires (Fig. 86).

L'épisode récifal corallien se manifeste dans le secteur de l'Oued Ouenkis par la constitution d'un niveau continu, peu épais (5 m maximum) surtout vers l'arrière appuyé sur des calcaires à Algues à passées biodétritiques. Son extension du Sud vers le Nord est de l'ordre de 500 m.

8. Couches rouges récentes.

7. Niveau gréseux surmonté de marnes blanches sableuses.

6. Calcaire lité oolithique. Il coiffe le banc récifal sur toute son étendue.

5. Banc récifal corallien à *Porites*.

4. Calcaire blanc biodétritique massif assez pauvre en faune.

3. Calcaire à Algues et nombreux organismes : Bivalves (*Glycymeris*, *Pecten*, *Chlamys*, *Spondylus*), Gastéropodes (*Turritella*, *Vermetus*, *Strombus*) et Échinides (*Clypeaster*).

2. Niveau à bouquets de Coralliens branchues identique à celui de Tafaraoui.

1. Calcaire à Mélobésiées (rhodolithes) constituant le fond de l'oued.

FIG. 86. — Niveaux supérieurs de l'Oued Ouenkis.

Source : MNHN, Paris

Vers l'arrière l'édification est surtout le fait du genre *Tarbellastraea*, dont les colonies massives, jointives assurent une armature compacte. Vers l'avant (vers la Sebkha) les constructions à *Porites* dominent de manière presque exclusive, les colonies de *Siderastraea* demeurant très modestes. Le développement de *Tarbellastraea* implique une modification locale des conditions de l'environnement dont l'un des facteurs possibles pourrait être recherché dans les caractères de la sédimentation pré-récifale : en effet la seule différence notable dans ce secteur par rapport à la partie occidentale des Ouled Ali consiste en l'absence de formation diatomique.

Le problème des niveaux post-récifaux

Sur toute son étendue, le banc corallien est recouvert par des niveaux assez constants qui se présentent sous deux faciés :

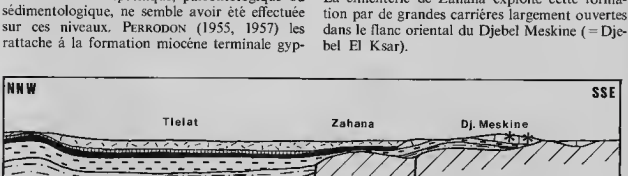
* Les calcaires lités oolithiques d'aspect microvacuolaire : ils sont largement développés depuis Arbal, avec une interruption au niveau du barrage de Tafaraoui où ils sont remplacés par des calcaires en plaquettes et des marnes blanches dans lesquelles vient s'intercaler, un peu plus à l'Est, un petit niveau gypseux ; ils contiennent des petites accumulations de Cérithes.

* Les grès et marnes sableuses ; ils montrent souvent des traces de bioturbation (terriers) et des stratifications obliques.

Aucune étude spécifique, paléontologique ou sédimentologique, ne semble avoir été effectuée sur ces niveaux. PERRODON (1955, 1957) les rattache à la formation miocène terminale gypseuse. La carte géologique de Sig au 1/50 000 (BOULAINE & PERRODON, 1957) les figure également comme équivalents du Miocène terminal, mais sous-estime leur extension sur les « calcaires à Lithothamniées ».

Le Djebel Meskine : région de Zahana

Aux environs de Oued Tlelat et de Zahana, le Messinien est connu par divers sondages (PERRODON, 1955 ; FENET, 1975), au-dessus des dépôts du premier cycle, et montre la succession des termes suivants : marnes bleues, légèrement conglomératiques à la base, marnes à diatomites, formation évaporitique à gypse. Vers le Sud, à partir de Zahana, les faciés deviennent plus calcaires. Aux environs de Djenaine Meskine, la série messinienne est réduite à une épaisse couche de calcaire à Mélobésiées reposant directement sur le socle crétacé ou par l'intermédiaire de marnes bleues (Fig. 87). Comme l'avait souligné PERRODON (1955), « ... les couches à tripolis s'amenuisent pour disparaître au Sud de Saint Lucien (Zahana) où elles font place à différents faciés calcaires ». Les niveaux de base de la formation à Mélobésiées s'avèrent encore marneux, les boules d'Algues demeurant dispersées. L'ensemble devient plus compact, la densité des rhodolithes augmentant progressivement. Les Algues sont fréquemment associées à des Bryozoaires (*Calpensia nobilis*) avec la faune habituelle de ce milieu (notamment des Pectinidae). La cimenterie de Zahana exploite cette formation par de grandes carrières largement ouvertes dans le flanc oriental du Djebel Meskine (= Djebel El Ksar).



1 : Socle crétacé. 2 : Premier cycle post-nappe. 3 : Marnes bleues. 4 : Formation diatomitique.
5 : Calcaires à Mélobésiées. 6 : Calcaire récifal corallien. 7 : Formation évaporitique. 8 : Plio-pleistocène.

FIG. 87. — Coupe dans le Messinien de la région de Zahana (d'après Perrodon, 1955).

Source : MNHN, Paris

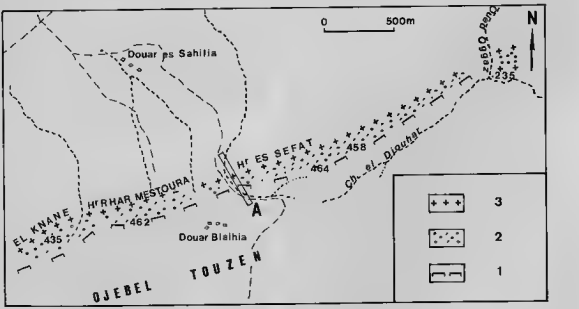
Au dessus des fronts de taille de ces carriéres affleurent des calcaires massifs, trés recristallisés et qui occupent tout le sommet du djebel. Il s'agit en fait d'un édifice corallien, d'une puissance d'une dizaine de métres. Il est formé par des masses décamétriques en dôme á colonies jointives de *Porites* lamellaire et de *Tarbellastraea*, le tout noyé dans un sédiment calcaire biodétritique renfermant des débris de Mélobésiées. L'étude en est rendue difficile par la mauvaise conservation des Madréporaires et le fait qu'on ne puisse en observer que la partie superficielle. Parmi la faune récifale recueillie seules ont été déterminées les formes suivantes : *Botula fusca, Chlamys pusio, Barbatia barbata, Conus* sp. et *Schizechinus* (?).

L'existence de constructions bien développées á plusieurs genres de Madréporaires confirme les observations de l'Oued Ouenkis. Depuis Tafaraoui la série messinienne se réduit à l'approche d'un paléorelief plus marqué vers Zahana et surtout Djenaine Meskine. Seuls les faciès calcaires demeurent bien représentés. Les formations diatomitiques déjá trés limitées á Tafaraoui disparaissent vers le paléorelief. Parallélement, d'Ouest en Est, on assiste á une différenciation des modalités de construction. La présence de colonies de *Tarbellastraea* á l'Oued Ouenkis marque la transition entre des constructions oligospécifiques (voire monospécifiques á *Porites* si l'on ne tient pas compte de *Siderastraea* au rôle accessoire) á des constructions plurigénériques. La morphologie coloniale et les caractéristiques de la trame différent également sensiblement. On se rapproche en effet sur le Djebel Meskine des constructions de l'Oranie occidentale ou des environs du Cap Figalo.

Le Djebel Touzen

Au SE de Zahana, á partir de l'Oued Tlelat la série messinienne est trés largement développée et envahit toute la partie nord-orientale des Ouled Ali. Vers la Sebkha le Messinien, trés fortement relevé, est représenté par une série de barres calcaires trés visibles dans la topographie et que l'on suit jusque dans les environs de Sig. Le Djebel Touzen regroupe plusieurs collines orientées SW-SE (El Knane, Hammar Rhar Mestoura, Hammar es Sefat) entaillées par des oueds s'écoulant vers la plaine (Fig. 88).

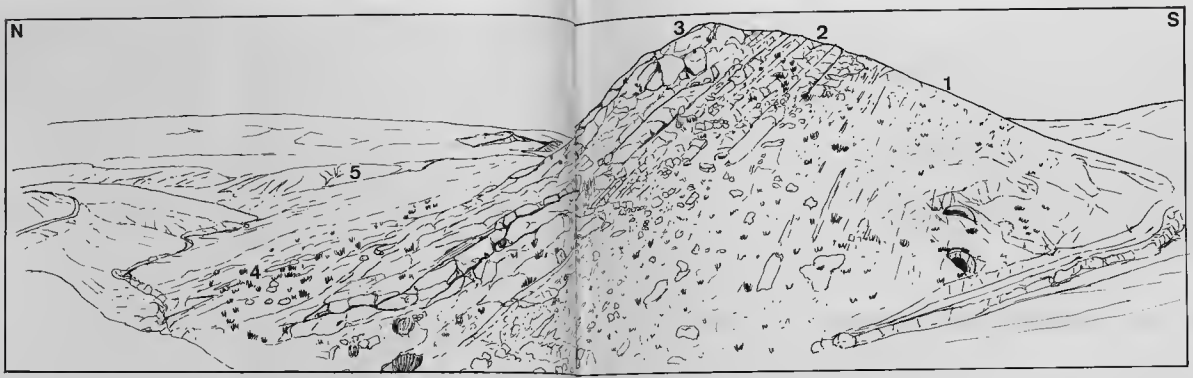
Au Sud du Douar Sahilia, entre le Hammar Rhar Mestoura et le Hammar es Sefat, les couches messiniennes, recoupées par un chabet, montrent un fort pendage vers le Nord (Fig. 89). A la base, vers le Sud, affleurent selon BOULAINE



1 : Formation diatomitique. 2 . Calcaires á Algues. 3 : Constructions coralliennes.
A : Fig. 89.

FIG. 88. — Nord du Djebel Touzen, carte de situation et répartition des principaux faciés.

Source : MNHN, Paris



1 : Formation diatomitique. 2 : Calcaire à Mélobésiées 3 : Récifal corallien. 4 : Calcaire lité oolithique. 5 : Marnes sableuses.

FIG. 89. — Plateau Hammar Es Sefât.

& PERRODON (1957) des « calcaires argilo-silteux, parfois gréseux » tendres et fossilifères, à Pectinidae et *Clypeaster*. Puis vient une formation diatomitique, jadis exploitée en mines, montrant des intercalations de niveaux diatomitiques et de marnes ou marno-calcaires. Des calcaires à Mélobésiées lui succèdent ; plus marneux à la base, ils sont constitués de plusieurs bancs distincts d'épaisseur variable et servent de support à l'implantation récifale corallienne.

Le genre *Porites* assure de nouveau la totalité de l'édification. Le plongement des couches vers le Nord, sous les dépôts plus récents, n'autorise pas l'observation de la partie septentrionale (externe) de la bande récifale. Par contre il est fort probable que le sommet des barres calcaires redressées corresponde au rebord « interne ». On remarque d'ailleurs un épaississement du niveau récifal vers l'extérieur (Fig. 89). Les couches de calcaire algaire à la surface bien plane ont servi de support aux constructions coralliennes qui se présentent sous forme de masses ou lentilles plus ou moins allongées, nettement séparées par des discontinuités. Cette structure en tapis ou bancs irréguliers superposés, avec remplissage des creux par du matériel biodétritique, peu visible vers Tafaraoui, apparaît ici très nettement.

Le niveau récifal se poursuit vers l'Est. Il est affecté au bord de la plaine de bombements anticlinaux (vallée de l'Oued Oggaz).

Les sédiments post-récifaux sont ici aussi représentés par des calcaires lités oolithiques, puis des marnes sableuses et grès dont l'âge n'est pas clairement établi.

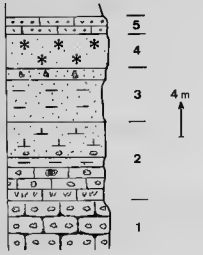
Le Djebel Aoud Sma

Situation

Le Djebel Aoud Sma constitue l'extrémité orientale des monts des Ouled Ali et le prolongement de la structure anticlinale en marque le rebord vers le Nord. Les calcaires messiniens y affleurent sur toute son étendue. Dans la partie orientale du Djebel Aoud Sma, le Chabet Akt el Mahdi et le Chabet el Douira orientés SW-SE montrent la succession des faciès de la série messinienne (Fig. 92). Dans toute cette région, comme on le verra, les changements de faciès interviennent très souvent et dénotent une sédimentation diversifiée en fonction de facteurs d'environnements variant rapidement dans le temps et l'espace.

Les affleurements du Chabet Akt el Mahdi

La coupe levée le long du Chabet Akt el Mahdi (Fig. 90, 91A) débute dans une formation de calcaires à Algues en bancs massifs qui se développe très largement vers le Sud où elle repose sur des marnes bleues. La plupart des auteurs considèrent cette formation de manière globale, notamment sur les cartes géologiques (S. N. REPAL, 1952 ; PERRODON, 1957 ; BOULAINE & PERRODON, 1957 ; FENET, 1975 ; THOMAS, 1985) en y incluant les niveaux supra-diatomitiques. Cette simplification abusive a posé pas mal de problèmes pour expliquer les variations



5. Calcaire gréseux (particellement oolithique).

4. Niveau gréseux à Madréporaires.

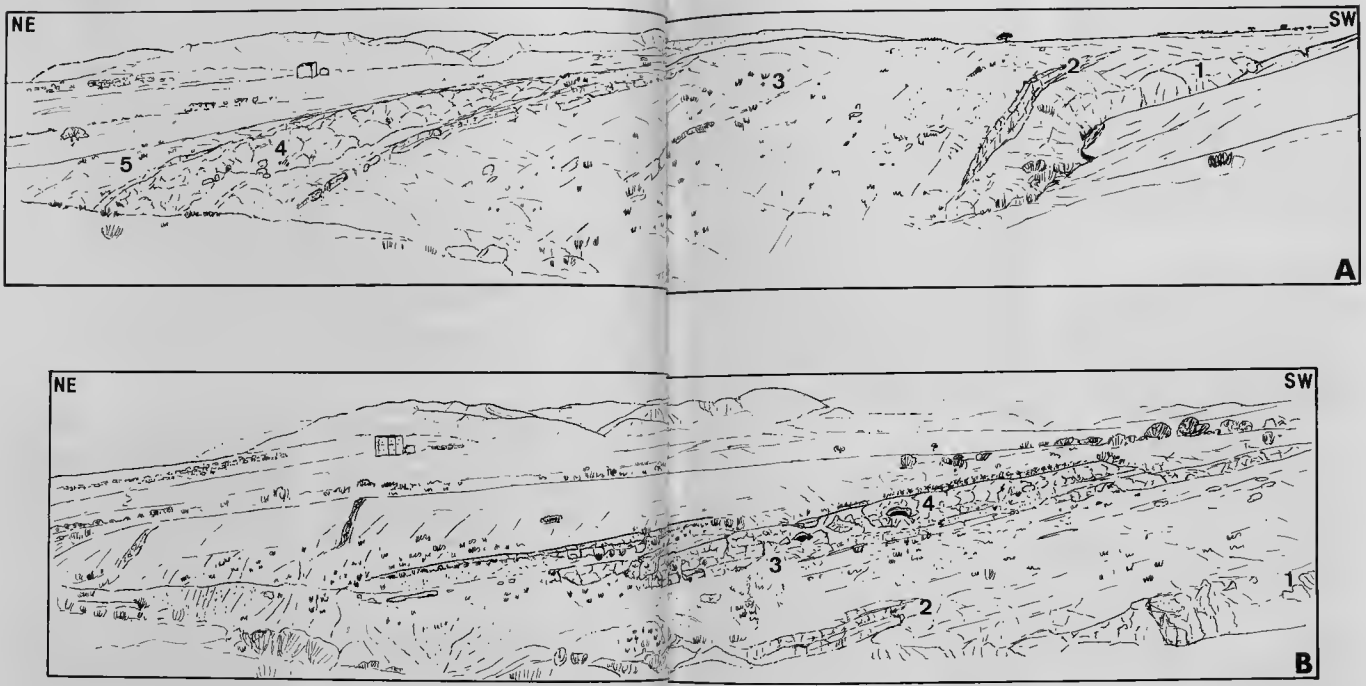
3. Grès et grès calcaires riches en Bryozoaires, en bancs métriques. Le dernier banc qui constitue l'assise récifale renferme de nombreux Gastéropodes (*Cerithium*).

2. Formation intermédiaire à plusieurs termes ; niveau à Vers basal, puis calcaire à rhodolithes, Bryozoaires (*Calpensia*) et abondante macrofaune, niveau marneux, grès calcaire tendres contenant encore vers la base des boules de Mélobésiées. Latéralement vers l'Ouest un ravineau recoupe, entre les grès et le calcaire à Algues, une mince couche de marnes feuilletées à écailles de Poissons et riche microfaune. PERRODON (1957) assimile l'ensemble à la formation des diatomites et marnes diatomitiques.

1. Calcaires à Mélobésiées en bancs massifs.

FIG. 90. — La série messinienne du Chabet Akt el Mahdi.

Source : MNHN, Paris



A) Oued el Mahdi.
1 : Calcaire à Algues en bancs massifs. 2 : Marno-calcaires et calcaires à rhodolithes, Bryozoaires. 3 : Grès. 4 : Niveau gréseux à Madréporaires. 5 : Calcaire gréseux.
B) Oued Dourra.
1 : Calcaires à Algues en bancs massifs. 2 : Marnes blanches litées à passées lumachelliques. 3 : Grès et marnes sableuses. 4 : Calcaires gréseux à constructions coralliennes.

FIG. 91. — Panoramas des formations messiniennes du Djebel Aoud Sma.

Source : MNHN, Paris

de faciès et caler stratigraphiquement ces niveaux, l'intercalation diatomitique constituant un repère. De fait ces « calcaires á Lithothamniées » recouvrent des types de sédimentation bien distincts : calcaires á Mélobésiées proprement dit, marnes à macrofaune typique des milieux de vases calcaires, grés coquilliers, grés, constructions récifales, calcaire oolithique...

L'ensemble des couches présente un léger pendage vers le Nord qui s'accentue fortement au débouché du chabet sur la plaine.

Quelques prélévements effectués dans des niveaux de la « formation diatomitique » (au sens large) ont livré une abondante microfaune où l'on remarque parmi les Foraminiféres planctoniques la présence de *Globorotalia mediterranea*, marqueur du Messinien.

Coupe du Chabet el Douira

Le Chabet el Douira, paralléle au Chabet Akt el Mahdi et distant de ce dernier de seulement 300 m, montre une coupe sensiblement différente (Fig. 91B). On note la succession suivante (de bas en haut) :

* Calcaire á Mélobésiées en bancs massifs. Ils s'étendent largement vers le Sud.

* Marnes blanches litées, à passées laminées. Il s'agit probablement de l'équivalent des marnes diatomitiques. La microfaune est assez semblable á celle livrée par les marnes feuilletées á écailles de Poissons du Chabet Akt el Mahdi.

* Grés et marnes sableuses. Un banc de grès, un peu plus induré et localement lumachellique termine cette formation. On y récolte des échantillons de *Pinna*.

* Calcaire gréseux à constructions coralliennes. Une large excavation permet d'un observer les caractéres. Les Madréporaires sont représentés uniquement par *Porites* avec des colonies finement lamellaires á surface ondulée, arrondies, noyées dans un sédiment gréseux très fossilifére. Ce niveau avait été bien décrit, dans le lit du Chabet el Douira, par CARRIÉRE (1889), mais ce dernier l'avait placé dans le Pliocène. La présence de blocs épars et de figures de glissements suggérent une mise en place sur un talus (faciés d'avant-récif). La faune accompagnatrice témoigne de la nature des substrats disponibles pour les organismes : prépondérance de formes fouisseuses dans les parties sableuses et présence de quelques formes de substrat dur liées aux colonies de *Porites* (Tabl. 15).

* Barre gréseuse apparemment dépourvue d'organismes.

TABLEAU 15. — Faune récifale du Djebel Aoud Sma (Chabet el Douira).

MADRÉPORAIRES	
Porites sp.	
BIVALVES	
Anadara turonica	*Codakia decussata*
Glycymeris bimaculata	*Cardites antiquatus*
Chlamys pusio	*Acanthocardia echinata*
Aequipecten seniensis ?	*Acanthocardia* cf. *aculeata*
Hyotissa hyotis	*Arcopagia crassa*
Ostrea lamellosa	*Venus multilamella*
Ostrea sp.	*Dosinia exoleta*
Loripes lacteus	*Paphia vetula*
GASTÉROPODES	
Architectonica sp.	*Cymatium affine*
Thericium vulgatum	Helicidae ?
DIVERS	
Serpulidae	Échinides : *Psammechinus* sp.
Bryozoaires	

Source : MNHN, Paris

Caractéristiques du niveau récifal corallien

Les déformations qui ont affecté la série messinienne autour du Djebel Aoud Sma rendent très délicate la compréhension de l'arrangement spatial des faciès et plus spécialement en ce qui concerne le niveau à Madréporaires. Ainsi dans le Chabet Akt el Mahdi n'observe-t-on que la partie arrière de la bande récifale. Le banc à Madréporaires présente d'ailleurs une structure assez particulière. En effet apparaît une linéation oblique suggérant un empilement d'écailles. Nettement visible de loin, cette structure semble plus floue à l'affleurement et reste énigmatique.

D'autre part on note un net épaississement des constructions vers la plaine (Fig. 91A) mais la largeur de la bande récifale s'avère impossible à définir avec précision. Dans le chabet el Douira, pourtant très proche, le niveau corallien est plus réduit encore et montre indiscutablement un faciès de talus. Si l'on considère que les colonies de *Porites* ne constituent pas des ensembles compacts mais apparaissent plutôt disséminés dans un sédiment sableux, on ne peut envisager ici la constitution d'un véritable édifice. Les

1 : Formation diatomitique. 2 : Calcaires gréseux. 3 : Grès.
4 : Constructions coralliennes. 5 : Niveaux à gypses.
A : Fig. 91A. B : Fig. 91B. C : Fig. 94. D : Fig. 98.

Fig. 92. — Région de Sig, carte de situation et répartition des principaux faciès.

Source : MNHN, Paris

Madréporaires se sont développés dans un environnement détritique défavorable, probablement en bordure orientale du bombement orienté SW-NE qui a servi à l'implantation récifale, de manière presque continue depuis Arbal jusqu'au Djebel Aoud Sma.

Le Hammar Semmoumet : la région de Sig

Présentation

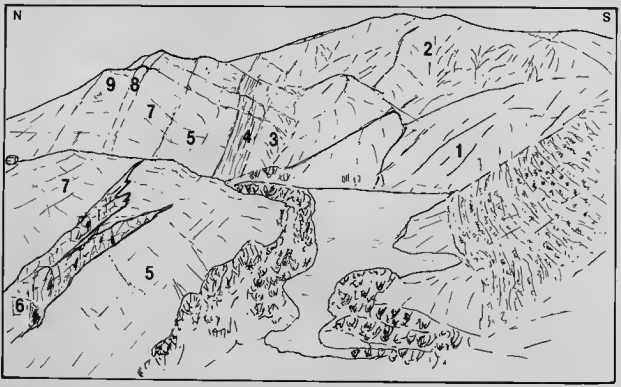
Située dans la partie nord-occidentale des Beni Chougrane, en prolongation des reliefs septentrionaux des Ouled Ali, la région de Sig (Fig. 92) a fait l'objet de nombreuses études portant tant sur les terrains miocènes que sur les structures tectoniques. Ainsi la coupe du Djebel Touaka a été décrite par plusieurs auteurs (ARAMBOURG, 1927 ; PERRODON, 1955 ; PERRODON, 1957 ; BAUDRIMONT & DEGIOVANNI, 1974a, b ; ROUCHY, 1979 ; ROUCHY, 1982a ; ROUCHY & FRÈNEIX, 1979 ; THOMAS, 1985).

La comparaison des coupes du Djebel Touaka et du Hammar Semmoumet qui en constitue son prolongement vers le SW montre une variation des faciès dans la partie supérieure de la sédimentation messinienne. Il s'agit donc d'un secteur clé pour saisir les limites de l'activité constructrice corallienne.

Il est à signaler une fois de plus que la présence de Coraux récifaux n'a jamais été soupçonnée dans ce secteur. On peut l'expliquer en considérant que la microstructure poreuse, vermiculée de *Porites* se confond, notamment au Hammar Semmoumet, avec le sédiment gréseux environnant.

La coupe du Djebel Touaka et du barrage de Sig

On peut se reporter aux études précitées pour connaître le détail et les épaisseurs des différents termes de la sédimentation du Miocène supérieur. On se bornera ici à indiquer les éléments essentiels concernant la partie supérieure



1 : Marnes et grès de base. 2 : Marnes bleues. 3 : Marno-calcaires. 4 : Formation diatomitique
5 : Grès inférieurs. 6 . Calcaire gréseux à Algues et *Porites*. 7 : Grès supérieurs (gypse).
8 : Barre gréseuse lumachellique attribuée au Pliocène. 9 : Plio-pleistocène continental.

FIG. 93. — Panorama aux alentours du barrage de Sig.
(noter le biseautage des calcaires gréseux construits du Hammar Semmoumet au premier plan).

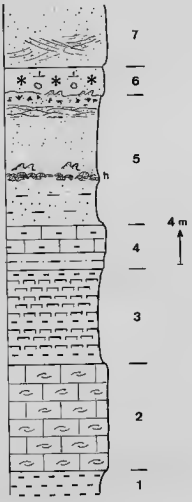
Source : MNHN, Paris

située au-dessus des grès roux (base du deuxième cycle post-nappe) et des marnes bleues. La succession est la suivante, de la base vers le sommet (Fig. 93) :

* Marno-calcaires plus ou moins rognoneux, gréseux et ferruginisés très fossilifères. On y récolte notamment de nombreux Échinides (*Schizaster*), des Bivalves (*Amussium*), des Gastéropodes (dont *Cymbium*) et d'abondants Décapodes (*Cancer, Maja*). Le Messinien y est déjà caractérisé par la présence du marqueur *Globorotalia mediterranea* (MOISSETTE, 1988).

* Formation diatomitique. Elle débute par des marnes à passées cinéritiques. Elle est caractérisée par l'alternance de séquences à deux ou trois termes : marnes, diatomites, calcaires. La masse principale, jadis exploitée dans des mines profondes, montre un faciès classique de diatomites laminées, blanches, à faune de Poissons admirablement conservée. Dans la partie supérieure on observe une alternance de bancs de diatomites et de calcaires riches en organismes divers dont des Bivalves (*Arca noae, Pecten, Amussium cristatum*, Huîtres, *Cardium*...), des Brachiopodes (*Megerlia*) et des Échinides (*Schizaster*). Les Bryozoaires sont représentés par environ 80 espèces et une étude de MOISSETTE (1988) portant sur les formes zoariales des Bryozoaires, examinées sur toute la coupe du barrage de Sig, indiquerait une constante diminution de la profondeur des dépôts de la base de la formation diatomitique (jusqu'à — 200 m) vers son sommet (entre — 10 m et — 20 m environ). Dans les dernières intercalations marno-calcaires se développent quelques boules et encroûtements d'Algues Mélobésiées.

* Formation détritique. Elle est constituée de grès et de sables. BAUDRIMONT & DEGIOVANNI (1974b) y signalent des ripplemarks. Deux bancs de gypse cristallin apparaissent vers le haut de la formation au sein d'un sédiment marneux (ROUCHY, 1982a). La série se termine par des intercalations de niveaux laminés (d'origine stromatolithique possible), de marnes sableuses et de lits de



7. Sables et grès montrant vers la base des stratifications obliques. Ils sont surmontés directement par les dépôts rouges quaternaires.

6. Barre à Mélobésiées et Madrèporaires. Les colonies de *Porites* ne sont que localement bien représentées. Elles sont noyées, ainsi que les Mélobésiées, par un sédiment gréseux. Le tout présente un aspect concrétionné caractéristique. La faune y est abondante, représentée surtout par des Bivalves et des Échinides. A la base des colonies de Porites se répartissent autour de déformations synsédimentaires correspondant à des structures d'expulsion dans un sédiment vaso-sableux.

5. Formation détritique. Il s'agit d'un ensemble où alternent marnes sableuses, sables et grès. Les marnes sableuses de la base montrent un niveau lumachellique à Huîtres (h). On observe déjà des phénomènes localisés d'expulsion de fluides. Vers le sommet apparaissent des concrétionnements, juste sous la barre construite. Au bord de la route, les affleurements du talus montrent la succession de grès chenalisés, marnes sableuses concrétionnées, marnes sableuses à terriers.

4. Marnes grises à Bryozoaires surmontées de calcaire marneux. Les marnes grises renferment une soixantaine d'espèces de Bryozoaires (MOISSETTE, 1984, 1988). On y récolte également des Bivalves et des Brachiopodes (REVERT, 1988).

3. Diatomites exploitées en mines.

2. Marno-calcaire en bancs rognoneux, riches en macrofaune.

1. Marnes bleues.

FIG. 94. — La série messinienne au Hammar Semmoumet.

Source : MNHN, Paris

graviers. Pour NEURDIN-TRESCARTES (1974) la granulométrie des sables du Sig indiquerait un sédiment fin, bien trié, de provenance marine et il s'agirait lá de plages contemporaines des derniers trottoirs á algues et des évaporites. Cependant, compte tenu de l'absence d'organismes marins et de sa géométrie lenticulaire, cette formation détritique pourrait plutôt correspondre á une zone de décharge fluviatile ou fluvio-deltaïque.

* Barre de grés attribuée au Pliocène. Peu épaisse, elle renferme des organismes littoraux (Pectinidae, Balanes).

Le Messinien au Hammar Semmoumet

Une coupe détaillée peut être levée sur le flanc oriental du Hammar Semmoumet et complétée le long de la route D5 de Sig á Sidi Bel Abbes (Fig. 94).

L'individualisation d'un niveau construit á Algues et Coraux, trés haut dans la série, au sein de la formation détritique, constitue une différence notable par rapport á la coupe du Djebel Touaka. Or, prés du lac de retenue du barrage de Sig dans la partie nord-orientale du Hammar Semmoumet, on voit les couches plus calcaires se terminer en biseau et s'estomper au sein de la formation détritique (Fig. 93). Cela signifie que les grés qui les recouvrent appartiennent encore au Messinien et représentent sans doute l'équivalent latéral des marnes sableuses á gypse du Djebel Touaka. La formation gréseuse comprendrait alors deux termes distincts pré et post-récifaux correspondant aux faciés m^b et m^c de la carte géologique de Sig.

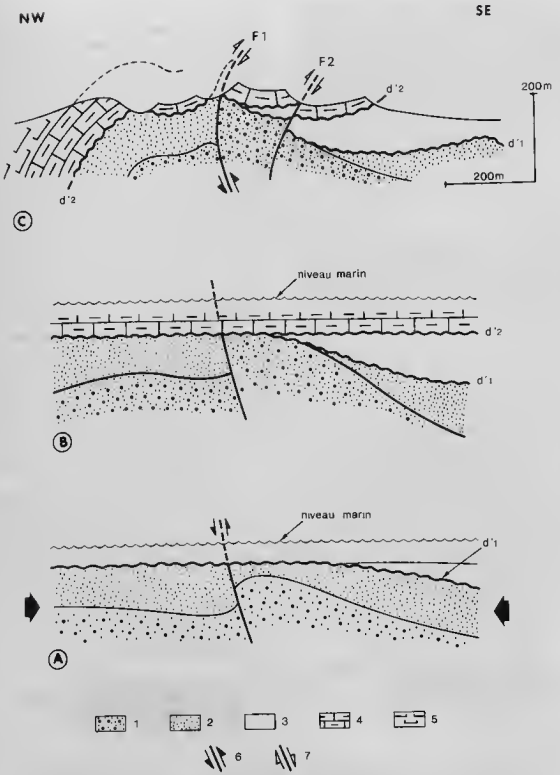
L'aspect paléontologique

L'évolution des associations d'organismes traduisent les modifications qui interviennent dans l'environnement sédimentaire. Les couches marno-calcaires livrent une faune encore vasicole avec des Bivalves caractéristiques (*Amusium cristatum, Amusiopecten koheni, Cardium,..*), des Gastéropodes (*Conus, Dolium*), des Polypiers solitaires (*Flabellum, Ceratotrochus*) et des Échinides (*Schizaster* et *Brissopsis*). On y rencontre également quelques dents de squales (*Isurus hastalis*). Avec les dépôts diatomitiques ce sont les Poissons qui sont le mieux préservés (ARAMBOURG, 1927). Vers le sommet de la formation diatomitique se met en place une association de milieu vaso-calcaire. MOISSETTE (1984, 1988) y distingue une soixantaine d'espéces de Bryozoaires. En ce qui concerne les Bivalves on peut citer : *Amussium cristatum, Amussiopecten koheni, Pecten* cf. *benedictus, Chlamys pusio, Aequipecten seniensis* et *Neopycnodonta navicularis.*

TABLEAU 16. — Faune du banc récifal á Algues et Coraux du Hammar Semmoumet.

MADRÉPORAIRES	
Porites sp.	
BIVALVES	
Anadara turonica	*Spondylus concentricus*
Botula fusca	*Lima lima*
Chlamys pusio	*Neopycnodonta navicularis*
Chlamys linguafelis	*Ostrea lamellosa*
Aequipecten seniensis	*Ostreola stentina*
Flabellipecten fraterculus	*Diplodonta rotundata*
Pecten aduncus	*Pseudochama gryphina*
Pecten cf. *benedictus*	*Gastrana fragilis*
?Spondylus gaederopus	
GASTÉROPODES	
Thericium vulgatum	*Conus* sp.
Vermetus sp.	
DIVERS	
Bryozoaires encroûtants	Échinides : *Oligophyma* aff. *oranensis*
Serpulidae	Crustacés Décapodes : *Actaea calzadai*

Source : MNHN, Paris



1 : Grès roux de base. 2 : Alternances marno-grèseuses. 3 : Marnes bleues. 4 : Marno-calcaires.
5 : Diatomites. 6 : Jeu en faille inverse intra-tortonienne.
7 : Jeu en faille inverse plio-pleistocène. d'1 et d'2 : Discordances intra-tortoniennes.

FIG. 95. — Évolution tortonienne et état actuel de la structure des Djebels Touaka-Bou Sella (*in* Thomas, 1985).
A : Au moment du dépôt des marnes ; B : Au moment du dépôt des marno-calcaires ; C : Coupe actuelle.

Source : MNHN, Paris

Les couches gréseuses infra-récifales ne recèlent quasiment pas de fossiles. Seules des Huîtres (*Neopycnodonta navicularis*) parviennent à s'implanter et forment un petit niveau aggloméré.

Le banc à Mélobésiées et *Porites* marque un retour à des conditions marines plus franches. La faune y est bien diversifiée avec essentiellement des Bivalves et des Échinides réguliers (Tabl. 16). La faible représentation apparente des Gastéropodes résulte essentiellement de leur mauvais état de conservation.

Discussion

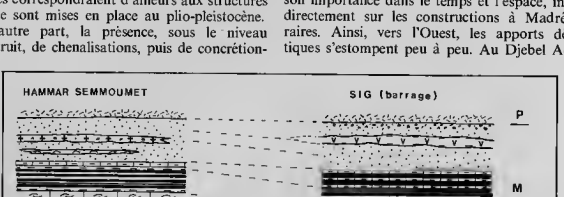
Pour THOMAS (1985) la complexité structurale au SW de Sig, proviendrait de la surimposition des tectoniques intra-tortonienne et plio-pleistocène. La compression intra-tortonienne (se poursuivant peut-être au Messinien) aurait eu pour effet de créer des zones hautes à proximité desquelles la sédimentation se trouve perturbée : « des érosions, des lacunes et des discordances se manifestent et des faciès carbonatés apparaissent sur les points hauts » (Fig. 95).

La mise en évidence d'une activité corallienne complète les interprétations proposées précédemment. La découverte de figures d'expulsion, liées peut-être à la manifestation d'une paléosésismicité confirmerait la permanence d'une activité tectonique et la constitution de séries de hauts-fonds favorables à l'implantation récifale. Ces zones hautes correspondraient d'ailleurs aux structures qui se sont mises en place au plio-pleistocène.

D'autre part, la présence, sous le niveau construit, de chenalisations, puis de concrétionnements bien particuliers, pourrait traduire des conditions subaériennes de diagénèse. Ceci expliquerait par ailleurs l'absence de toute faune (hormis un banc d'huîtres) dans les grès. Le retour de conditions marines plus normales provoquerait l'installation de construction, encore perturbées par des apports détritiques conséquents. L'examen des microfaciès montre que les colonies de *Porites* se développent en s'appuyant parfois sur des tubes de Vers qui stabilisent le fond sableux et sont souvent encroûtés par les Mélobésiées. Tous ces faits, reliés à des observations réalisées dans une zone plus méridionale (Bled Sidi ben Knadil), semblerait indiquer des fluctuations relatives du plan d'eau, négatives après le dépôt des diatomites et positives au moment de l'installation « récifale ».

Il est évident que l'activité des Madréporaires ne se traduit pas ici par l'élaboration d'un édifice à la morphologie bien nette. Il se constitue sans doute une suite de bancs sur un haut-fond, stabilisés par des colonies éparses de *Porites*, des encroûtements algaires et peut être des herbiers qui piègent les sédiments détritiques ou biodétritiques. L'ensemble finit par former un niveau cohérent qui se termine en biseau dans les grès environnants (Fig. 93, 96). La provenance de ces grains détritiques serait assez lointaine selon NEURDIN-TRESCARTES (1974) ce qui expliquerait leur finesse et leur bon classement.

La sédimentation gréseuse, par son extension, son importance dans le temps et l'espace, influe directement sur les constructions à Madréporaires. Ainsi, vers l'Ouest, les apports détritiques s'estompent peu à peu. Au Djebel Aoud



1 : Marno-calcaires riches en organismes. 2 : Marnes. 3 : Bancs calcaires. 4 : Diatomites. 5 : Grès à bancs d'Huîtres. 6 : Barre gréseuse à Algues et Coraux. 7 : Niveaux gypseux. 8 : Grès du Pliocène.

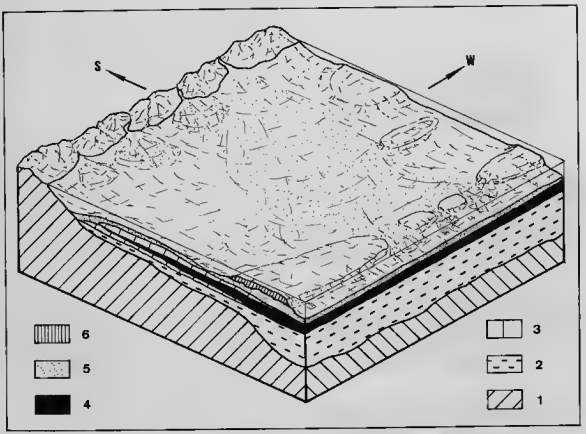
FIG. 96. — Évolution latérale de la sédimentation messinienne aux environs de Sig.

Source : MNHN, Paris

Sma ils sont encore suffisants pour perturber l'activité constructrice, mais plus à l'Ouest ils disparaissent et les constructions deviennent plus conséquentes, reposant alors directement sur les couches algaires. En fait si l'on prend pour repère le début de l'activité constructrice des Madréporaires, on admet comme équivalents latéraux les formations gréseuses et les calcaires à Mélobésiées supra-diatomitiques (Fig. 96).

La chronologie et l'agencement des dépôts pré-évaporitiques ainsi envisagés, il reste à définir les rapports entre l'épisode corallien et la formation évaporitique. La comparaison des coupes du Djebel Touaka et du Hammar Semmoumet indique que l'activité récifale cesse au sommet du premier ensemble détritique. Le confinement s'accentue alors et au sein de grès et marnes gréseuses s'individualisent quelques lentilles de gypse. On ne peut guère envisager comme NEURDIN-TRESCARTES (1985), l'équivalence latérale entre les calcaires à Mélobésiées (et à Madréporaires) et les formations à gypse, ni dans les environs de Sig, ni sur l'ensemble de la marge sud du bassin du Chelif. Cependant l'intervalle de temps entre les deux événements n'a pas dû être très long et les évaporites se déposent paléogéographiquement très près et sans doute directement en contrebas des hauts-fonds qui ont été occupés par les constructions, ce qui impliquerait dans un premier temps un retrait de la mer assez restreint.

En conclusion, dans la région de Sig, l'élaboration récifale corallienne intervient dans un environnement sédimentaire très variable, sous la dépendance de facteurs divers et on peut envisager une paléotopographie assez diversifiée avec des hauts-fonds aux dimensions variables, sièges d'une sédimentation carbonatée (à Mélobésiées ou à Madréporaires), et des zones déprimées où s'accumulent des éléments détritiques venant de l'arrière pays (Fig. 97).



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Marnes marines. 3 : Marno-calcaires fossilifères et calcaires à Algues.
4 : Formation diatomitique. 5 : Grès. 6 : Constructions coralliennes.

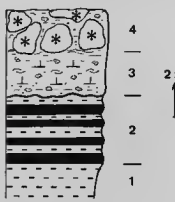
FIG. 97. — Bloc-diagramme schématique de l'environnement récifal au Messinien dans la région de Sig.

Source : MNHN, Paris

Les affleurements du Bled Sidi Ben Knadil

La sédimentation messinienne

Au SE, le Hammar Semmoumet est prolongé par le Djebel Dhar el Amar au relief aligné selon une direction SW-NE (Fig. 92). Face à ce dernier, sur la rive méridionale du Chabet Matara, une série de collines borde la route d'Ain el Berd (D25). Des carrières ouvertes à proximité du Bled Sidi Ben Knadil entaillent tout le pourtour d'une petite colline arrondie. Elles exploitaient apparemment autant les tripolis que les calcaires supérieurs du Messinien. Une bonne coupe peut ainsi être dégagée sur le flanc méridional (Fig. 98). L'ensemble des couches montre un pendage net vers le Nord, ce qui permet de retrouver la même coupe à partir du fond du Chabet Matara.



4. Ensemble marno-calcaire chaotique avec des blocs récifaux à *Porites* lamellaire englobés dans un sédiment pulvérulent renfermant des Melobesiées.

3. Marno-calcaires, plus tendres vers la base, ravinant nettement la formation diatomitique sous-jacente. La sédimentation y est très désordonnée. L'ensemble livre une faune abondante et très diversifiée.

2. Formation diatomitique à lits alternés de marnes gris-bleu riches en microfaune et de diatomites laminées à passées silicifiées et restes de Poissons.

1. Marnes bleues et marnes sableuses. Elles constituent le fond du Chabet Matara.

FIG. 98. — La série messinienne au Bled Sidi Ben Knadil.

Les premiers niveaux messiniens montrent la succession habituelle de marnes et de diatomites. Les marnes bleutées de la base des diatomites contiennent une riche microfaune de Foraminifères benthiques et planctoniques, parmi lesquels on relève en abondance des exemplaires de *Globorotalia mediterranea*, marqueur du Messinien, ainsi que des Ostracodes.

Le ravinement spectaculaire de la formation diatomitique indique l'existence d'un événement situé avant l'élaboration récifale. Il s'agit d'ailleurs du seul endroit où les niveaux à Madréporaires reposent directement (mais en contact ravinant) sur les diatomites.

Une coupe effectuée dans le Djebel Dhar el Amar, situé directement au Nord, montre une succession sensiblement différente. En effet sur les diatomites repose une série de grés en bancs délimités, localement lumachelliques. Il n'y a pas d'épisode construit, ni à Mélobésiées ni à Madréporaires.

On peut donc supposer qu'à la fin du dépôt des sédiments diatomitiques un retrait partiel de la mer, lié peut-être à des mouvements tectoniques, laisserait exondé une partie du secteur tandis que plus au Nord, ce retrait se marquerait dans les dépôts détritiques par des caractéres littoraux (Djebel Dhar el Amar) ou par des figures proches de l'émersion sur certains points hauts (Hammar Semmoumet). Le retour de conditions marines plus franches entraînerait sur les hauts-fonds l'instauration de conditions propices au développement corallien.

Les constructions coralliennes

Vers l'arriére, c'est-à-dire vers le Sud, le niveau à Madréporaires présente une sédimentation chaotique avec des blocs construits désordonnés de *Porites* lamellaire, dans une matrice marno-calcaire chargée en Mélobésiées. Sur le flanc nord de la colline, une carrière ouverte au bord de la route permet d'examiner un corps récifal plus conséquent et plus cohérent. Les constructions y apparaissent comparables à celles de la région de Tafaraoui avec des colonies de *Porites* formant des tapis plus ou moins contournés ou des ensembles digités. Des petites colonies de *Siderastraea* se rencontrent fréquemment dans la masse. On retrouve ce type de construction, sous la route, sur le bord méridional du Chabet Matara. A cet endroit les colonies de *Porites* développent nettement des digitations.

L'aspect paléontologique

Les marno-calcaires qui ravinent la formation diatomitique sont trés riches en faune. A la base,

Source : MNHN, Paris

un niveau plus tendre a livré une microfaune encore assez fournie accompagnée de nombreux Dentales, Serpulidae et Brachiopodes. Puis le sédiment se charge en Algues et plus haut en colonies coralliennes. Les organismes deviennent alors abondants et diversifiés (Tabl. 17).

TABLEAU 17. — Faune de la formation terminale du Bled Sidi Ben Knadil.

FORAMINIFÈRES PLANCTONIQUES	
Globorotalia sp.	*Orbulina universa*
Globigerina bulloides	*Orbulina suturalis*
Globigerina apertura	
FORAMINIFÈRES BENTHIQUES	
Textularia badenensis	*Cibicides boueanus*
Textularia conica	*Elphidium crispum*
Bolivina apenninica	*Elphidium flexuosum*
Bolivina sp.	*Elphidium semistriatum*
Reussela spinulosa	*Elphidium macellum*
Caucasina sp.	*Elphidium fichtelianum*
Discorbinella bertheloti	*Protelphidium granosum*
Rosalina bradyi	*Virgulina schreibersiana*
Cancris auriculus	*Nonion commune*
Asterigerina planorbis	*Astrononion stelligerum*
Asterigerina sp.	*Heterolepa* cf. *pseudoungeriana*
Cibicides lobatulus	*Heterolepa* cf. *dertonensis*
MADRÉPORAIRES	
Porites cf. *lobatosepta*	*Siderastraea* sp.
Porites aff. *calabricae*	
BIVALVES	
Anadara turonica	*Linga columbella*
Glycymeris bimaculata	*Codakia decussata*
Lithophaga lithophaga	*Diplodonta rotundata*
Chlamys pusio	*Tellina planata*
Pecten aduncus	*Cardites antiquatus*
Amusium cristatum	*Acanthocardia aculeata*
Lima lima	*Venus multilamella*
Spondylus concentricus	*Tapes basteroti*
Neopycnodonta navicularis	*Paphia vetula*
GASTÉROPODES	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Vermetus* sp.
Diodora sp.	*Cheilea* sp.
Clanculus cf. *cruciatus*	*Xenophora ?*
BRACHIOPODES	
Terebratula sp.	*Argyrotheca* sp.
Megerlia truncata	
ÉCHINODERMES	
Échinides : *Brissopsis* sp.	Ophiures : vertèbres brachiales
Schizaster sp.	
Echinolampas sp.	
CRUSTACÉS	
Cirripèdes Balanidae : *Balanus tulipiformis*	Décapodes : pinces et articles divers
Creusia oraniensis	
DIVERS	
Serpulidae : *Protula* sp.	Scaphopodes : *Dentalium* sp.

Source : MNHN, Paris

La présence de Balanes révèle un milieu très littoral. Elles sont fixées sur divers supports : Vers (*Protula* sp.), Échinides (*Echinolampas*).

Moissette (1984, 1988) reconnaît dans les calcaires marneux une association de Bryozoaires composée de 25 espèces avec surtout *Aplousina bobiesi, Calpensia nobilis, Onychocella angulosa, Celleporina costazi, « Cellepora »* sp. *Turbicellepora coronopus* et *Schizoretepora* aff. *fungosa*. Le niveau de base contient également des petits Bryozoaires dressés : *Cellaria* sp. et *Crisia eburnea*.

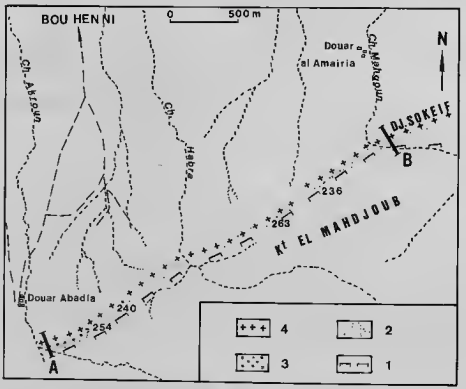
Le mélange de formes de fonds meubles, surtout fouisseuses et d'organismes attachés aux substrats durs (constitués ici par les encroûtements algaires et les colonies massives de *Porites*), montre le caractère désordonné de la sédimentation. Cependant, dans la masse construite cohérente élaborée plus au Nord, on retrouve la faune récifale caractéristique décrite précédemment dans la barre corallienne du barrage de Tafaraoui.

Le flanc septentrional du Djebel Bou Ziri

Présentation

Les monts des Beni Chougrane prolongent vers l'Est les chaînes des Tessala et des Ouled Ali. Ils sont constitués en grande partie par des plateaux à couverture miocène, laissant affleurer au centre le socle crétacé, et qui s'infléchissent vers la plaine de l'Habra. Sur le flanc septentrional du Djebel Bou Ziri, une série de petites collines dûes à des bombements anticlinaux montrent un alignement très remarquable dans le paysage de barres calcaires et gréseuses redressées, correspondant au Messinien récifal (Fig. 99, 100).

Plusieurs auteurs ont évoqué la sédimentation miocène et pliocène sur le revers septentrional du Djebel Bou Ziri. Pomel (1889) y signale la présence de son Sahélien sous un faciès marneux. Pour Dalloni (1952) les marnes sont tortoniennes et contiennent une faune de Mollusques



1 : Formation diatomitique. 2 : Grès.
3 : Calcaires à Algues. 4 : Constructions coralliennes.
A : Fig. 102. B : Fig. 103.

Fig. 99. — Nord du Djebel Bou Ziri, carte de situation et répartition des principaux faciès.

Source : MNHN, Paris

FIG. 100. — Panorama du flanc nord du Djebel Bou Ziri à la hauteur de Bou Henni, montrant les barres récifales (r) redressées (section de 2,5 km environ).

adaptés aux fonds vaseux ; sur la carte géologique au 1/50 000 de Perrégaux (Mohammadia), il attribue au Pliocène les couches qui surmontent directement les marnes à tripolis (DALLONI, 1936). Selon la S. N. REPAL (1952), le deuxième cycle miocène débute par une formation détritique transgressive sur le Miocène inférieur ; la série se poursuit par des marnes bleues très épaisses où s'intercale un faisceau lenticulaire de calcaire à Lithothamniées (Djebel Ben Djouane et Djebel Saharidj) ; au-dessus se développe la formation miocène terminale des marnes à tripolis qui est surmontée des grès pliocènes. PERRODON (1955, 1957) reprend le même schéma et assimile les couches supra-diatomitiques au Pliocène dont les niveaux de base sont représentés par des calcaires, plus ou moins dolomitiques, massifs, à Huîtres, à Lithothamniées et à Polypiers. THOMAS (1985) montre le rôle de la tectonique tortonienne synsédimentaire dans la sédimentation, ce qui se manifeste, pour cet auteur, au niveau du Djebel Saharidj par des dépôts calcaires à l'intérieur de la formation des marnes bleues. Comme dans tout le bassin du Chélif, la présence d'un épisode récifal corallien n'a été mise en évidence que récemment (SAINT MARTIN *et al.*, 1983 ; SAINT MARTIN, 1984). Cette découverte prend son importance si l'on considère que les calcaires construits et les grès sus-jacents étaient placés uniformément dans le Pliocène marin.

La succession des divers termes du Néogène devient donc la suivante : premier cycle post-nappe continental, niveaux détritiques de base de la transgression du deuxième cycle, marnes bleues et calcaires, formation diatomitique ici très marneuse, grès ou marnes à passées lumachelliques, récif corallien, grès du Pliocène (la datation n'en paraît pas évidente), plio-pleistocène continental (Fig. 101).

1 : Premier cycle post-nappe. 2 : Grès et marnes sableuses de la base du deuxième cycle.
3 : Marnes bleues à lentille calcaire (c). 4 : Formation diatomitique. 5 : Grès ou marnes conglomératiques.
6 : Calcaire construit à *Porites*. 7 : Pliocène marin (?) 8 : Plio-pleistocène continental.

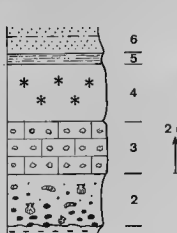
FIG. 101. — Coupe schématique du flanc septentrional du Djebel Bou Ziri (d'après Perrodon, 1957 ; modifié).

Les barres récifales se suivent sur une dizaine de kilomètres et s'interrompent peu avant Mohammadia ; à partir de là vers l'Est, la formation diatomitique est surmontée de marnes à gypse. Au niveau de Bou Henni plusieurs chabets recoupent la série messinienne et permettent d'observer le niveau récifal corallien, notamment le Chabet Akroun et le Chabet Mahgoun (Fig. 99).

Source : MNHN, Paris

La coupe du Chabet Akroun

Directement au Sud du Douar Abadla, le Chabet Akroun entaille le sommet de la série messinienne (Fig. 102). Plus au Sud affleurent les marnes diatomitiques.



6. Formation gréseuse montrant une alternance de niveaux gréseux grossiers, de sables et de marnes sableuses. L'absence de fossiles n'en facilite pas la datation (Pliocène ?).

5. Marnes blanches litées. Peu épaisses elles assurent la transition entre le calcaire construit et les grès.

4. Masse récifale corallienne à colonies de *Porites*, plus ou moins massives.

3. Calcaire à Mélobésiées et Bryozoaires.

2. Marnes et grés chargés de gros galets arrondis et renfermant de nombreux Pectinidae, Ostreidae et des Serpules.

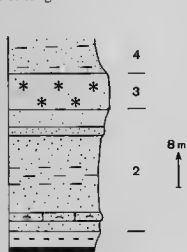
1. Marnes jaunâtres à intercalations gréseuses et microfaune benthique (*Ammonia, Elphidium, Cibicides, Nonion*).

FIG. 102. — Les formations terminales du Messinien au Chabet Akroun.

La construction corallienne, compacte, est essentiellement assurée par *Porites*. Il s'agit ici le plus souvent de *Porites* lamellaire aux colonies massives jointives. On y trouve aussi des colonies lobées constituant des masses plus ou moins étendues. L'ensemble constitue l'armature dense de la barre calcaire. On ne peut guère évaluer la largeur de la bande récifale à cause du fort plongement des couches sous les dépôts récents. Les constructions coralliennes reposent sur une semelle algaire peu épaisse où les Bryozoaires encroûtants ne sont pas rares. Cette couche à Mélobésiées surmonte elle-même des marnes grèseuses renfermant des gros galets de socle arrondis qui ont servi de support à l'implantation de toute une faune de Bivalves où dominent des grands Pectinidae et des Huîtres. La présence d'une passée conglomératique au sommet de la formation diatomitique indique la manifestation d'une activité érosive, liée probablement à la réactivation des reliefs méridionaux.

La coupe du Chabet Mahgoun

Situé plus à l'Est le Chabet Mahgoun s'insinue entre les reliefs alignés SW-NE du Koudiet el Mahdjoub et du Djebel Sokeif ; puis il change de direction et longe le flanc méridional du Djebel



4. Grès et marnes sableuses. On y récolte quelques Pectinidae et des Balanes.

3. Calcaire construit à *Porites*, renfermant également des colonies de *Siderastraea*. Dans le lit du chabet le banc récifal prend un aspect chaotique avec des blocs coralliens noyés dans un sédiment blanchâtre marno-calcaire.

2. Formation détritique formée de la succession de bancs gréseux. Vers la base s'individualise un niveau (ou une lentille) de calcaire gréseux renfermant localement des débris de coquilles non identifiables.

1. Marnes et diatomites. La délimitation entre ces deux faciès n'est pas évidente sur le terrain. Cela pourrait témoigner de perturbations synsédimentaires. Les niveaux diatomitiques présentent l'aspect typique de lamines blanches à écailles de Poissons et passées silicifiées. Les marnes intercalées renferment une riche microfaune et une macrofaune classique des milieux vaseux.

FIG. 103. — Les formations terminales du Messinien au Chabet Mahgoun.

Source : MNHN, Paris

Sokeif. Plus vers le Sud affleure largement la formation diatomitique á dominante marneuse. La coupe présente, au-dessus des diatomites, une succession des terrains sensiblement différente de celle du Chabet Akroun (Fig. 103). En effet il n'existe pas de semelle algaire ; le niveau corallien repose directement sur une épaisse couche détritique fine où s'individualise vers la base un banc plus calcaire, localement lumachellique.

La barre récifale, mise en relief par le redressement des couches, présente les caractères d'un talus récifal interne marqué par une surface pentée vers le Sud sur laquelle sont posés des amas de blocs récifaux fossilisés sur place. Dans ces conditions, l'évaluation de l'extension de la bande récifale pose problème puisque seule la zone la plus interne affleure. Cette largeur devait probablement être assez réduite et caractériser une ligne de hauts-fonds préfigurant le relief actuel. Or le sommet de la formation diatomitique est marquée par une confusion entre les niveaux diatomitiques francs et les marnes qui paraissent s'interpénétrer. Une étude plus précise serait nécessaire pour déterminer s'il faut y déceler lá un signe de mouvements synsédimentaires semblables á ceux du Hammar Semmoumet.

L'infléchissement des couches au passage des oueds, et souvent leur épaississement, suggérent l'existence de passes (ou vastes échancrures) á travers la bande construite. L'aspect bréchique généralisé des dépôts récifaux á cet endroit le laisse envisager.

L'aspect paléontologique

Des prélèvements effectués dans la formation diatomitique supérieure ont livré une riche microfaune planctonique et benthique ainsi qu'une macrofaune diversifiée caractéristique des fonds vaseux déjá citée par Dalloni (1952). On y trouve des Gastéropodes (*Acirsa, Turritella, Epitonium, Natica, Conus...*), des Scaphopodes abondants (*Dentalium, Cadulus*), des Bivalves (*Nucula, Nuculana, Anadara turonica, Aequipecten radians, Neopycnodonta navicularis, Lucinoma borealis...*), quelques Bryozoaires et de trés nombreux otolithes. Cette faune, assez commune dans les marnes bleues, est souvent considérée comme l'indication d'un milieu néritique profond, voire bathyal pour certains auteurs (Dalloni, 1915c ; Perrodon, 1955 ; Perrodon, 1957). Des études paléoécologiques entreprises sur la faune tout á fait similaire des marnes de bleues tortono-messiniennes de la région de Fès (Maroc) amènent á nuancer sensiblement cette opinion (Piquet & Saint Martin, 1986 ; Saint Martin & Piquet, 1986). L'association faunistique examinée montrerait en effet plutôt un environnement de vasière avec développement d'herbiers, donc moins profond qu'on ne l'envisage habituellement et plus en rapport avec l'évolution de la sédimentation dans ce secteur. La présence de la lentille calcaire du Djebel Saharidj prouverait déjá l'individualisation synsédimentaire de zones hautes mise en évidence par Thomas (1985).

Conclusion

L'activité récifale corallienne se manifeste donc jusqu'au niveau de Mohammadia par une bande construite sans doute assez étroite témoignant de l'existence d'une ligne continue de hauts-fonds. La construction est assurée uniquement par des Madréporaires du genre *Porites* sur un substrat diversifié (Calcaire á Mélobésiées ou grés). Considéré antérieurement comme pliocène, le niveau corallien indique des conditions de mer encore franche juste avant l'épisode évaporitique. La délimitation du Messinien et du Pliocène s'avère ici délicate. Les petits niveaux de marnes blanches et les grés qui recouvrent les constructions coralliennes pourraient correspondre aux marnes gréseuses á gypses de la région de Sig et aux calcaires lités oolithiques bien développés vers l'Ouest (Chabet Aricha, Bou Seter, Oued Ouenkis, Djebel Touzen...). Des études plus détaillées seraient nécessaires pour affirmer la présence de Pliocène sur le Messinien récifal et gréseux terminal, analyser la nature du contact et détecter une éventuelle discontinuité dans la sédimentation.

Le rebord méridional du Tell

Introduction

Le revers méridional des monts des Tessala et des Ouled Ali est limité par les plaines de Sidi Bel Abbés et la vallée de l'Oued Mebtouh. Les sédiments du Miocène supérieur marins laissent la place vers le Sud á des formations plio-pleistocènes continentales (Fig. 72). Toute la

Source : MNHN, Paris

partie méridionale des monts des Tessala et des Ouled Ali est caractérisée par le développement de plates-formes de calcaires à Mélobésiées, remarquables dans les environs d'Ain el Berd, tout au long du plateau des Maadja et aux alentours des Cheurfas.

Pomel (1889) signale la présence de « polypiers ou domine un *Solenastraea* » dans l'Helvétien de Oued Imbert (Ain el Berd) et des Cheurfas. Carrière (1889) décrit une coupe dans l'Helvétien, au niveau du barrage des Cheurfas, qui montre la succession de marnes, grès, bancs de Mélobésiées et calcaires à « polypiers astréens ». Pour Gentil (1905) le Miocène moyen calcarifère renferme, à la ferme d'Ain Oumata, des Algues calcaires, des Hétérostégines et des Échinides (*Clypeaster*). Dalloni (1952) évoque l'existence entre Ain Trid et Ain el Berd d'une frange récifale très continue attribuée à l'Helvétien et qui présente de « magnifiques exemplaires de polypiers ». Gevin (1952) remarque que la série oligocène est recouverte, à la hauteur des premiers côteaux qui amorcent le relief des Tessala, par des calcaires blancs récifaux du Miocène supérieur. Pour Perrodon (1955, 1957) les calcaires à Lithothamniées du Miocène supérieur (formations médianes) développés au Nord (Aoud Sma, Meskine) font place à des calcaires massifs à grands polypiers dans la région d'Ain el Berd. Fenet (1975b) assimile au Messinien ces calcaires qui constituent « un magnifique trottoir à Polypiers » qui se développe depuis le Djebel Oumata jusque vers Bou Djebaa. Enfin Thomas (1985) confirme cette attribution au Messinien dont les termes transgressifs sont constitués par des « marno-calcaires à polypiers ».

Trois secteurs ont été délimités de manière un peu arbitraire d'Ouest en Est. Ils correspondent chacun cependant à un développement localement important des constructions récifales à Madréporaires.

La région d'Ain Trid — Ain el Berd

Situation

Entre Ain Trid et Ain el Berd, une formation calcaire récifale à Madréporaires occupe une série de collines orientée SW-NE et repose par l'intermédiaire d'un mince niveau de marnes blanches sur des couches marneuses qui fournissent une microfaune de l'Oligocène supérieur (Fenet, 1975b). Les affleurements les plus intéressants se situent au Sud du Djebel Oumata où ils occupent les points côtés 499, 523 et 487 et au niveau de la tranchée de chemin de fer vers Ain el Berd. Le recouvrement plio-quaternaire en masque une bonne partie.

Le secteur d'Ain Oumata

La base des constructions est constituée généralement par un mince niveau de marnes blanches à microfaune benthique pauvre et encroûtée (*Elphidium, Ammonia, Pullenia bulloides, Marginulina*) montrant des remaniements de formes paléogènes (*Rzehakina epigona*). Parfois s'intercale une couche peu épaisse de calcaire bioclastique à Algues, localement bréchique.

Des colonies massives de *Tarbellastraea* et de *Porites* lamellaire constituent l'essentiel de l'armature corallienne à laquelle participent également d'autres Madréporaires comme *Palaeoplesiastraea, Siderastraea* et *Acanthastrea*.

La largeur de la bande construite est très réduite, c'est ce qui a amené les auteurs à évoquer une frange ou un trottoir récifal. En quelques points le bâti apparaît très compact, formé de colonies jointives élaborant une masse de plusieurs mètres de puissance. Cependant le plus souvent les constructions montrent des blocs coralliens assez conséquents, parfois apparemment déplacés, noyés dans un sédiment pulvérulent blanc riche en faune. Signalons l'intense perforation des colonies coralliennes. Tout ceci témoigne d'un environnement assez instable au moment du développement corallien.

Au niveau du point coté 487 les constructions récifales montrent un phénomène d'emboîtement de plusieurs corps construits coralliens. Le paléorelief ainsi mis en évidence se constituait de bombements, formant des hauts-fonds, séparés par des dépressions vers lesquelles convergent de part et d'autre les corps récifaux (Fig. 104).

La faune recueillie témoigne de la coexistence d'un biotope de substrat dur et d'un biotope de fond vaseux (Tabl. 18). Les Crabes sont bien représentés par plusieurs carapaces conservées de *Daira speciosa*. On note une intense perforation des colonies par *Lithophaga lithophaga*.

A proximité de la ferme d'Ain Oumata, Thomas (1985) indique que « les biohermes sont recouverts sans la moindre trace d'érosion, par les structures stomatolitiques ». Il s'agirait de structures en place scellant de petites constructions récifales à colonies jointives. Ces stromatolithes possèderaient une allure mamelonnée, en coupoles de largeur décimétrique, sans faune visible intercalée (Thomas, communication personnelle). On verra plus loin le problème posé par la présence éventuelle de ces stromatolithes.

Le secteur d'Ain el Berd

Dans les environs d'Ain el Berd, les calcaires organogènes reposent sur des marnes bleues classiques ou directement sur le socle. Ce sont surtout des calcaires à Mélobésiées, des calcaires sableux bioclastiques à *Clypeaster* (Djebel Bourdjia) et des calcaires à Hétérostégines (Djebel Karrouch) bien développés autour d'Ain el Berd (Fenet, 1975). Comme le souligne Thomas (1985) le Messinien a ici débordé l'extension des marnes bleues pour venir recouvrir au maximum de la transgression les terrains anténéogènes.

Immédiatement au Sud d'Ain el Berd, de belles carrières exploitent les calcaires messiniens. On y observe des lumachelles à Algues et localement des stratifications obliques. De très rares colonies (ou fragments de colonies ?) de *Tarbellastraea* apparaissent noyées dans ces sédiments ; l'activité constructrice corallienne semble donc avoir été à ce niveau étouffée par celle des Mélobésiées.

Un peu plus au Sud, le chemin de fer et la route de Sidi Bel Abbes recoupent de petits affleurements récifaux. Dans la tranchée du chemin de fer on voit des masses coralliennes compactes de *Tarbellastraea* et de *Porites* lamellaire. Le sédiment de remplissage est assez tendre, parfois marneux ; il renferme alors de nombreuses Huîtres (*Ostrea lamellosa*). Les masses construites semblent surmontées par des niveaux de calcaire compact bioclastique. L'ensemble est entièrement recouvert par la formation conglomératique continentale pliocène. Entre la route et la voie ferrée abondent en superficie des

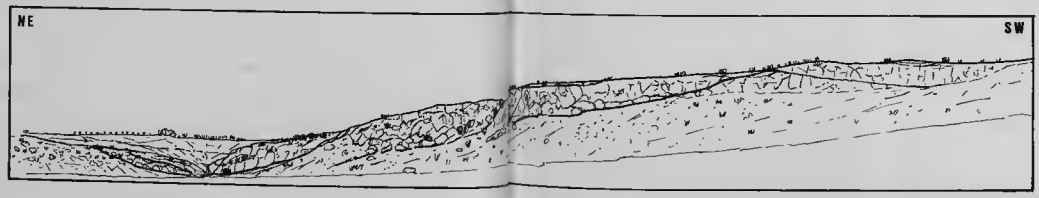


Fig. 104. — Corps récifaux progradant environs d'Ain Oumata (section de 300 m environ).

Source : MNHN, Paris

fragments de colonies où l'on remarque surtout des formes massives, hémisphériques de *Tarbellastraea* et de *Porites* aff. *calabricae*.

Le sédiment de remplissage intercorallien livre une faune similaire à celle d'Ain Oumata avec des Bivalves (*Anadara turonica, Spondylus, Anomia, Ostrea lamellosa*...), des Gastéropodes (*Epitonium, Turritella, Strombus, Conus*), des Brachiopodes (*Argyrotheca*), des Bryozoaires dressés (*Margaretta cereoides*), des Échinides et des Décapodes (articles divers).

La microfaune des parties tendres s'avère très pauvre et bien souvent encroûtée. On y reconnaît essentiellement des Foraminifères benthiques et plus particulièrement des Miliolidae accompagnés d'*Ammonia* et *Elphidium*.

TABLEAU 18. — Faune récifale dans les environs d'Ain Oumata.

MADRÉPORAIRES	
Porites aff. *calabricae*	*Palaeoplesiatraea (?)* sp.
Porites sp.	*Siderastraea* sp.
Tarbellastraea sp.	*Acanthastrea* sp.
BIVALVES	
Barbatia barbata	*Spondylus gaederopus*
Acar clathrata	*Anomia ephippium*
Anadara turonica	*Ostrea lamellosa*
Modiola adriatica	*Codakia* sp.
Botula fusca	*Chama gryphoides*
Lithophaga lithophaga	*Cardita vindobonensis*
Chlamys pusio	*Cardita calyculata*
Chlamys linguafelis	*Gastrana fragilis*
Chlamys sp.	*Leporimetis papyracea*
Lima lima	*Jouanneta tournoueri*
GASTÉROPODES	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Strombus coronatus*
Calliostoma sp.	*Cypraca* sp. 1 (grande forme)
Clanculus cf. *cruciatus*	*Cypraca* sp. 2
Littorina sp.	*Cymbium* cf. *pepo*
Vermetus sp.	*Marginella* sp.
Triphoridae	*Conus* sp.
Niso terebellum	
ÉCHINODERMES	
ÉCHINIDES : *Clypeaster* sp. radioles divers	Ophiures : vertèbres brachiales
CRUSTACÉS	
Décapodes : *Daira speciosa*	Cirripèdes Balanidae : *Creusia oraniensis*
DIVERS	
Bryozoaires Serpulidae	« Becs » de Céphalopodes

Les environs de Bou Djebaa

Présentation

Toute la partie méridionale des monts des Ouled Ali est envahie par des calcaires messiniens à Mélobésiées constituant l'essentiel du plateau des Maadja. PERRODON (1955, 1957) signale en leur sein des intercalations de diatomites, un peu au Nord de Bou Djebaa, à proximité du Bled Haoud el Kerma. Sur la rive gauche de l'Oued Mebtouh affleurent, en contact direct avec le substrat secondaire, des bandes étroites de calcaires à Madréporaires, notam-

Source : MNHN, Paris

ment aux alentours du Marabout Sidi Abdallah, à l'Ouest de Bou Djebaa. Ces affleurements sont par ailleurs décalés par un système de failles E-W. Pour FENET (1975) ces calcaires à Polypiers et Gastéropodes témoigneraient d'une brève incursion marine au Pliocène jusque vers Bou Djebaa. Il est conduit à envisager l'existence au Villafranchien d'un golfe étroit dans ce secteur. THOMAS (1985) décrit à Bou Djebaa la succession d'un épisode transgressif représenté par les constructions coralliennes et d'une phase régressive caractérisée par des calcaires à Gastéropodes.

Les constructions coralliennes

L'édification se réalise directement sur les schistes du Crétacé. Elle n'atteint jamais une grande puissance, quelques mètres tout au plus. Les constructions apparaissent assez diversifiées. On observe aussi bien des ensembles coloniaux massifs à *Tarbellastraea* sp. et *Porites* aff. *calabricae*, que des bouquets de colonies en bâtons, digitées classiques de *Porites lobatosepta*. Plus accessoirement, on rencontre des colonies de *Siderastraea, Palaeoplesiastraea* (?) et *Acanthastrea*. Localement, vers l'Est, l'ensemble devient chaotique avec des blocs récifaux renversés et fragmentés dans un sédiment sableux à graviers divers et où abondent des moules internes de grands Gastéropodes. La faible tranche d'affleurement observable ne permet pas de définir avec précision la structure et le développement de l'édifice. On peut supposer qu'il s'agit là d'une petite bande récifale, élaborée lors du maximum de la transgression messinienne sur un bombement du socle.

La faune récifale : les Gastéropodes

L'extrême abondance des Gastéropodes, éléments dominants de la faune récifale, constitue une des particularités remarquable des constructions coralliennes de Bou Djebaa. Il s'agit pour une part de grandes formes, dont ne subsiste en général que le moule interne : *Strombus coronatus, Conus* cf. *mercati, Conus puschi, Conus* sp. et *Cypraea* sp. Parallèlement sont développés au sein de l'armature récifale des niveaux et des poches d'accumulation à *Thericium vulgatum* et *Granulolabium bicinctum*.

Les Bivalves ne sont représentés que par quelques Pectinidae peu déterminables et des Ostreidae.

Discussion

Pour THOMAS (1985) les Gastéropodes précités sont renfermés dans des niveaux postérieurs aux « biohermes » à colonies jointives. Il déduit de la présence de « *Pirenella* » (= *Granulolabium*) une indication de dessalure, donc de séquence régressive. Le schéma est complété par l'observation de stromatolithes à la même place à Ain Oumata. Ainsi on aurait, en synthétisant plusieurs coupes différentes, la succession de trois termes montrant des environnements de plus en plus littoraux : dessalure, milieu à haute énergie puis à basse énergie supratidale. Ce schéma ne correspond pas à la réalité. En effet les Gastéropodes en question ne constituent pas des couches supra-récifales mais sont bel et bien intégrés à l'édifice. Les accumulations à Cérithes et *Granulolabium* se rencontrent de préférence entre les bouquets de *Porites lobatosepta* et les masses à *Tarbellastraea* ou bien étroitement liés au remplissage intercolonial. Quant aux grands Gastéropodes ils abondent un peu partout, au niveau des colonies ou dans des lentilles de calcaire plus tendre biodétritique.

Il est toujours hasardeux d'attribuer à un seul type d'organisme une signification globale sur l'environnement. Ainsi dans le cas présent, la présence de ces exemplaires de « *Pirenella* » n'implique certainement pas une dessalure généralisée du milieu, mais de manière bien plus limitée, l'existence de flaques à la surface du platier où s'accumulent les coquilles. De plus la proportion assez exceptionnelle de grands Gastéropodes, cités par ailleurs par THOMAS, bien typiques du milieu récifal, notamment les Porcelaines (*Cypraea*), indique des conditions littorales favorables, dans un secteur sans doute bien protégé.

En ce qui concerne les structures stromatolithiques d'Ain Oumata, il n'est pas possible ici de conclure puisque les visites effectuées sur le terrain n'ont pas permis de les observer. En fait, les seules structures comparables (lamellaires, mamelonnées et recouvrant sans discontinuité des colonies jointives) reconnues personnellement dans ce secteur sont celles de colonies de *Porites* généralement bien représentées et confondues avec des stromatolithes sur le Djebel Murdjadjo, comme il a été exposé plus haut.

En conclusion, l'activité constructrice des Madréporaires a été guidée par l'existence en

Source : MNHN, Paris

bordure méridionale des Ouled Ali d'un bombement étroit et allongé individualisé au cours des phases compressives tortono-messiniennes (THOMAS, 1985) et dont l'orientation SW-NE épouse celle des structures actuelles. La position des affleurements récifaux, qui forment une bande peu développée sur le bord méridional de ce bombement à cœur anté-miocène, suggérent l'existence d'un système de hauts-fonds ou peut-être d'îles frangés vers le Sud par des édifices coralliens. Cette situation privilégiée, car très abritée, pourrait expliquer la présence d'une faune exceptionnelle de Gastéropodes habitués des milieux chauds récifaux. Les recouvrements plio-pleistocènes ne permettent pas de connaître les sédiments messiniens au Sud de l'Oued Mebtouh, mais latéralement la formation des sables d'El Bordj affleure largement vers l'Est caractérisant une sédimentation marno-sableuse dans une dépression interne soumise à des apports fluviatiles.

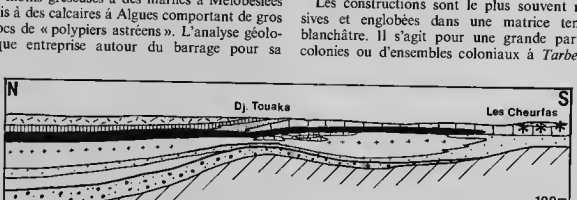
Les Cheurfas

Au Sud de Sig, les calcaires messiniens prennent un grand développement, notamment dans la région des Cheurfas où un barrage a été implanté sur le cours de l'Oued Mebtouh. POMEL (1889) y signale la présence de *Solenastraea*. CARRIÉRE (1889) donne une coupe au barrage de Cheurfas qui montre le passage des marnes plus ou moins gréseuses à des marnes à Mélobésiées puis à des calcaires à Algues comportant de gros blocs de « polypiers astréens ». L'analyse géologique entreprise autour du barrage pour sa consolidation (SOLETANCHE, 1952) paraît très confuse ; il est question de calcaires à Mélobésiées de l'Helvétien et du Tortonien. Pour la S. N. REPAL (1952) et PERRODON (1957) les calcaires des Cheurfas représentent l'essentiel de la sédimentation du Miocène supérieur en équivalence partielle avec les formations diatomitiques qui disparaissent dans ce secteur méridional (Fig. 105). THOMAS (1985) démontre l'activité de failles synsédimentaires qui jalonnent l'accident des Cheurfas durant le deuxième cycle post-nappe et l'accentuation des mouvements tectoniques au Pleistocène. Ceci se manifeste par la présence de failles et de plissements à l'origine du pendage parfois très accentué des couches calcaires.

Sur la rive droite de l'Oued Mebtouh, au niveau du barrage, on observe la succession des termes suivants (de bas en haut) :

* Marnes á Huîtres ;
* Marnes sableuses dépourvues de microfaune ;
* Couches à Mélobésiées ; á la base les Algues sont noyées dans un sédiment marno-sableux á *Clypeaster* ; vers le haut les Mélobésiées deviennent plus denses et le sédiment plus calcaire ; la faune associée est classique : grands Pectinidae, Huîtres, Échinides ;
* Masse construite á Madréporaires dont l'extension latérale semble limitée (200 á 300 m).

Les constructions sont le plus souvent massives et englobées dans une matrice tendre, blanchâtre. Il s'agit pour une grande part de colonies ou d'ensembles coloniaux à *Tarbellas-*



1 : Substratum anté-miocéne. 2 : Premier cycle post-nappe. 3 : Marnes bleues á passée cinéritique (c). 4 : Sables et grés. 5 : Calcaires argileux. 6 : Calcaires á Mélobésiées. 7 : Formation diatomitique. 8 : Constructions coralliennes. 9 : Sables fins. 10 : Formation évaporitique. 11 : Plio-pleistocéne continental.

FIG. 105. — Schéma d'agencement de la série messinienne de Sig aux Cheurfas (d'après Perrodon, 1957).

Source : MNHN, Paris

traea, Palaeoplesiastraea et *Porites calabricae*, avec plus rarement *Siderastraea* et *Acanthastrea*. Les Coraux sont souvent associés à *Creusia oranienstis*, Cirripède Balanidae, leur commensal habituel. Il y a de nets indices de basculements de blocs récifaux. L'abondance des perforations de Bivalves est remarquable (*Lithophaga lithophaga* et *Jouannetia tournoueri*).

L'ensemble des constructions représente une masse sommitale assez bien circonscrite au sommet des couches algaires et disparaissant latéralement. ROUCHY (1982a) évoque par ailleurs l'existence dans la « barrière récifale méridionale à Lithothamniées » d'anomalies morphologiques subcirculaires qu'il attribue à des petits édifices récifaux à Coralliaires. Cette formation de calcaire à Mélobésiées est généralement considérée comme constituant une barrière organogène jalonnant une ligne de hauts-fonds qui sépare du bassin proprement dit une dépression interne à sédimentation lagunaire marno-sableuse (PERRODON, 1957 ; ROUCHY, 1982a). Les Madréporaires auraient trouvé là un support favorable à leur implantation.

LES AUTRES RÉCIFS MIOCÈNES D'ALGÉRIE OCCIDENTALE

PRÉSENTATION

Le développement de formations récifales à Madréporaires au Messinien constitue un phénomène général, d'une ampleur exceptionnelle en Méditerranée. Il est intéressant de savoir s'il s'agit d'un événement isolé ou s'il existe une permanence de l'activité corallienne durant le Miocène. Les faits prouvent en réalité que les constructions coralliennes anté-messiniennes sont rares et dispersées en Algérie occidentale ; par ailleurs le problème de leur âge exact n'est en général pas résolu avec certitude.

LES RÉCIFS ANTÉ-MESSINIENS

Le Djebel Moksi

Situé au SE de Sidi Bel Abbes, le Djebel Moksi est constitué de couches du Crétacé qui sortent du Mio-pliocène à la faveur d'une faille. FENET (1978) a prouvé l'âge miocène des formations calcaires plaquées sur le substrat secondaire. Il les attribue au Miocène moyen synchro-nappe.

A la base se développe un liseré de conglomérats sur lequel reposent des niveaux fortement redressés comportant des Mélobésiées (*Archaeolithothamnium, Lithothamnium*) et à Madréporaires (Faviidae indéterminables). Le tout ne montre qu'une extension limitée. Vers le sommet sans que l'on voit exactement le contact, comme le souligne FENET, ce sont des marnes à Huîtres assez épaisses. La mauvaise qualité de l'affleurement ne permet pas d'observations plus poussées, notamment au plan paléontologique.

Il s'agit donc là de constructions très littorales, sans doute limitées à une mince frange, installées dans un contexte très détritique à la faveur d'une transgression gagnant l'arrière pays.

La baie d'Honaine

La petite baie d'Honaine s'ouvre sur le littoral occidental de l'Oranie, au Nord du massif des Traras. GENTIL (1903) fournit une coupe du Miocène qui affleure à partir de la plage et l'attribue comme POMEL (1889) au Cartennien (Miocène inférieur). Il souligne la présence d'une lentille corallienne dans un complexe détritique grossier discordant sur les schistes secondaires. GUARDIA (1975) intègre les marnes et conglomérats dans le Miocène synchro-nappe (c'est-à-dire Miocène moyen pour lui).

Sur la falaise orientale d'Honaine, à partir de la plage, on observe une formation détritique admettant plusieurs séquences de conglomérats aux éléments volumineux, de grès très grossiers, de grès fins à stratifications obliques et de marnes sableuses. Les constructions coralliennes s'intercalent dans cette série à un niveau bien repérable, vers la base et se présentent sous forme de lentilles peu développées, ne dépassant pas quelques décimètres de puissance. Compte tenu de l'état de l'affleurement, battu par les vagues et recouvert partiellement par la mer, il n'est guère possible d'en tirer de grands ensei-

Source : MNHN, Paris

gnements. Il semble qu'un seul type de Madréporaires (Faviidae) assure l'élaboration de ces colonies isolées.

Les récifs à position stratigraphique incertaine

Oranie occidentale

Les environs de Tlemcen

Bayle & Ville (1854) et Ville (1857) avaient signalé l'existence à Tlemcen de gisements fossilifères du Tertiaire moyen. Parmi la liste faunistique on relève la présence de Madréporaires coloniaux. Gentil (1903) reprend l'étude de la faune et cite un certain nombre de formes dont de nombreux perforants (*Lithophaga, Jouannetia*...) qui selon lui caractérisent l'Helvétien. Pour Perrodon (1957), le Miocène est représenté par des sédiments littoraux avec des marnes bleues passant à leur partie supérieure à une formation molassique ; considérant que les formations du deuxième cycle miocène s'arrêtent au niveau des Sebaa Chioukh il assimile ces dépôts à du Burdigalien terminal, malgré le cachet «postburdigalien» de la faune. Il s'agit pour Guardia (1975) de Miocène synchro-nappe. Chevalier (1961) cite deux espèces de Madréporaires, *Tarbellastraea reussiana* et *Palaeoplesiastraea* cf. *romettensis* récoltés dans les environs de Tlemcen ; les échantillons correspondants conservés au Muséum National d'Histoire naturelle de Paris ne portent pas d'indications plus précises.

Les affleurements de Sidi Zaher

Connus depuis longtemps les calcaires à Algues et Coraux qui affleurent au Sud de Maghnia, tout près de la frontière marocaine, ont été attribués au Cartennien (Pomel & Pouyanne, 1882 ; Pomel, 1889), au Miocène inférieur (Perrodon, 1957), à la partie supérieure du Miocène moyen (Gentil, 1903) et enfin au Miocène moyen synchro-nappe (Guardia, 1975).

Les constructions coralliennes s'individualisent au sommet d'une série de marnes sableuses très pauvres en microfaune (*Elphidium, Ammonia*) et de calcaires renfermant localement des Mélobésiées. Le genre *Tarbellastraea* édifie des petites masses plus ou moins jointives et cohérentes. En s'éloignant du rivage vers le Nord la sédimentation devient plus marneuse et le microplancton contient de nombreuses *Globorotalia* gr. *menardii* (Guardia, 1975).

Or les affleurements de Sidi Zaher se poursuivent de l'autre côté de la frontière jusque dans les environs d'Oujda, tout au long du substrat secondaire. La plupart des auteurs considèrent donc que ces formations ne dépassent pas le Miocène moyen. Les datations données ne sont en aucune manière probantes et apparemment en contradiction avec les caractères mêmes de ces récifs (associations de Madréporaires et faunes associées). La plupart des Foraminifères planctoniques évoquées sont soit très mal conservés, soit remaniés. Selon Guardia c'est l'absence de formes du Miocène supérieur, notamment *Globorotalia acoastensis*, qui permet d'attribuer l'ensemble des dépôts jugés synchro-nappes au Miocène moyen. Le problème est de savoir si ces petites formations récifales coralliennes sont reliées à la sédimentation post-nappe du couloir sud-rifain et si les lignes de rivage du tortonomessinien ont pu avoir une position plus méridionale que celle admise jusqu'à présent en Algérie. Des données nouvelles, apportées par des études réalisées du côté marocain et discutées dans le chapitre suivant semblent bien remettre en question les âges admis antérieurement pour ces formations.

La bordure Nord occidentale du massif des Dahra

Au NE de Mostaganem, en bordure du massif du Dahra, plus précisément aux environs de la ville de Sidi Ali, sont connus divers terrains miocènes. Un gisement particulier retient l'attention, celui de Sidi Abdelkader décrit par Belkebir (1986) qui lui affecte un âge tortonien. Au sein d'une formation marno-sableuse s'individualise un niveau plus compact constitué de colonies de Madréporaires récifaux (*Palaeoplesiastraea, Siderastraea, Porites*), d'encroûtements algaires et de Bryozoaires. Les marnes renferment une abondante macrofaune de Polypiers solitaires (*Ceratotrochus, Edwardsotrochus, Eupsammia*), de Bivalves (*Anadara, Pecten, Cardium, Venus*) et de Gastéropodes (*Architectonica, Turritella, Amaea, Clavatula, Conus*...).

La coexistence dans un même site de Coraux solitaires et coloniaux est un phénomène déjà évoqué par Chevalier (1959, 1962) dans le

Source : MNHN, Paris

Miocène. Il envisage deux causes possibles : le démantèlement d'un édifice plus conséquent ou l'existence de bancs où cohabitent des formes solitaires et hermatypiques. On n'a jamais observé dans ce secteur de témoignage de constructions à caractère récifal et les colonies coralliennes, bien que peu développées semblent assez bien conservées. Il pourrait s'agir effectivement d'un banc situé à une profondeur plus grande que celle requise pour la constitution des récifs coralliens proprement dits. On en connaît d'ailleurs quelques exemples actuels.

LES RÉCIFS MESSINIENS D'ALGÉRIE : CONCLUSIONS

Le deuxième cycle post-nappe

La transgression du deuxième cycle débute au Tortonien et se poursuit durant une partie du Messinien. Il est habituel de considérer que les formations diatomitiques marquent l'extension maximale de la mer. En fait la transgression n'est complète que par la conquête des points hauts et des massifs jusqu'alors émergés, c'est-à-dire au moment de l'installation de la sédimentation carbonatée à Algues et/ou Coraux, partiellement seulement contemporaine du dépôt des diatomites. Thomas (1985) remarque que ce « mouvement centrifuge » s'accompagne d'une baisse de la profondeur. Il en déduit l'intervention de déformations tectoniques pour expliquer les mouvements antagonistes (et apparemment contradictoires) du plan d'eau pendant la première partie du Messinien. En réalité il est très délicat d'établir un schéma général d'évolution de la sédimentation sans tenir compte d'une paléotopographie sans doute très diversifiée et évolutive. Dans ce cadre il est évident que l'activité tectonique s'est manifestée par l'individualisation au cours du Messinien de bombements (ou de rides) propices à l'instauration éventuelle d'un régime récifal corallien.

Le deuxième cycle se termine par un abaissement global, admettant des variations parfois positives, du plan d'eau et corrélativement par un régime de confinement à l'origine de la sédimentation évaporitique. Cette phase est marquée par le développement de bioconstructions stromatolithiques.

Les formations récifales à Madréporaires représentent en général le terme des conditions marines normales. La mise en évidence dans toute l'Oranie de marqueurs spécifiques (Guardia, 1975 ; Rouchy, 1981 ; Saint Martin *et al.*, 1983 ; Bellon *et al.*, 1984) permet d'attribuer avec certitude un âge messinien à la quasi-totalité des constructions ; cela démontre l'importance du phénomène et son instantanéité (à l'échelle géologique).

Les constructions coralliennes

Développement et répartition

La répartition des formations coralliennes messiniennes épouse dans une grande mesure celle des reliefs actuels : Traras, Djebel Skouna, Murdjadjo, chaîne méridionale depuis les Sebaa Chioukh jusqu'aux Beni Chougrane (Fig. 2). Ces zones hautes constituaient soit des massifs partiellement émergés soit des hauts-fonds aux morphologies et dimensions très variables. La diversité des situations proposées au moment de l'épisode récifal se traduit normalement par une égale diversité au niveau des types de récifs élaborés. La délimitation entre ceux-ci et leur détermination n'apparaissent pas toujours évidentes compte tenu de l'aspect évolutif des constructions biologiques. Il est d'ailleurs à remarquer qu'un certain nombre de récifs ne parviennent pas à un stade de maturité telle que l'on puisse y reconnaître sans ambiguïté les caractéristiques majeures des grands ensembles récifaux actuels (lagon, platier, front, talus proximal, talus distal, etc...). Cela peut s'expliquer par la conjonction de divers facteurs : succession rapide d'un cycle transgressif gagnant sur les marges et d'un cycle régressif général, manifestation de mouvements tectoniques synsédimentaires à l'origine de la création de hauts-fonds, influence locale de la sédimentation terrigène et probablement évolution climatique.

Source : MNHN, Paris

Types de récifs

Il ne sera envisagé ici que l'aspect global du phénomène, en ne tenant compte que de la situation paléogéographique des édifices.

Récifs de hauts-fonds

Bien que relativement imprécis le terme de haut-fond est le seul permettant d'appréhender les situations rencontrées. Les constructions correspondantes sont celles qui présentent le plus de variabilité en relation avec la forme, l'extension et la position paléogéographique de ces hauts-fonds. Il s'agit aussi bien de petits bombements isolés (Djebel Maazouz) que de séries de crêtes plus ou moins larges, plus ou moins continues, parfois allongées sur de grandes distances en coïncidence avec des lignes structurales majeures (Beni Ouarsous, bordure méridionale du bassin du Bas-Chelif). Cette constatation conduit à envisager une certaine mobilité tectonique durant le Messinien (notamment pré-récifal) qui pouvait se manifester par des flexurations en bordure de massifs conséquents, une activité sismique suggérée par l'observation de certaines déformations synsédimentaires et pourquoi pas accompagnée de phénomènes de diapirisme argileux ou sableux (« volcans de boue ») ; en effet, des faits actuels permettent de préciser ces liens possibles dans une même zone géographique entre l'installation récifale d'une part et les zones structurales actives, le diapirisme et les déformations synsédimentaires d'autre part (VERNETTE, 1985).

Récifs de plate-forme

Ils concernent les édifices établis sur de vastes plateaux de faible profondeur comme ceux des Ouled Ben Adda, de Sidi Safi et partiellement de Beni Saf. Ils sont souvent étroitement liés à l'activité parfois antagoniste des Mélobésiées. Ils constituent soit des niveaux peu épais mais étendus au sein ou au sommet des calcaires à Mélobésiées, soit des masses plus ou moins importantes figurant des patchs bien circonscrits. En Oranie orientale, des édifices relativement importants se sont installés sur ou dans un complexe à Mélobésiées qui, formant barrière, isolait du large une zone laguno-marine à dépôts sableux fins. Le terme de « récif barrière » ne saurait toutefois s'appliquer littéralement à ces constructions coralliennes qui ne déterminent pas par elles-mêmes une véritable barrière mais sont plutôt disséminées sur une vaste plate-forme.

Récifs frangeants

Il s'agit en général de corniches aux dimensions variables accrochées aux flancs de massifs en partie émergés (Djebel Skouna, Bou Djebaa ?). Le complexe récifal du Murdjadjo en représente un cas particulier, par son importance et sa structure. Reposant sur une semelle algaire, il s'appuie contre un relief peu élevé qui devait constituer un mince ensemble insulaire. Il présente un tombant récifal bien marqué et induit par sa présence toute une sédimentation péri-récifale où abondent les restes d'*Halimeda*. La progradation généralisée des corps construits traduit une accrétion le long d'une pente et un abaissement du plan d'eau vers la fin de l'édification.

Bartes récifaux

Avec quelque incertitude nous avons rangé sous cette appellation toutes les constructions peu développées, ou noyées dans un autre type de sédimentation et ne déterminant pas une morphologie évidente (Hammar Semmoumet par exemple). Cela peut correspondre en réalité à deux types de phénomènes : un environnement défavorable, en général trop turbide, ou un faible degré de maturité.

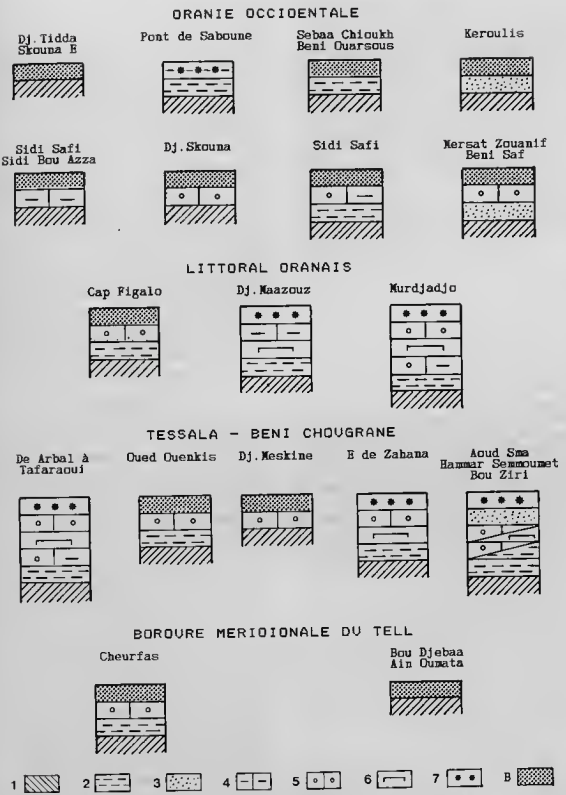
Les assemblages de Madréporaires

Les genres *Porites* et *Tarbellastraea* sont responsables de la presque totalité des constructions. Selon les assemblages de constructeurs principaux rencontrés on peut établir une distinction quelque peu arbitraire entre plusieurs types d'édifices.

Récifs monogénériques

Il s'agit uniquement des récifs à *Porites*, bien développés surtout sur le Murdjadjo et sur la bordure méridionale du bassin du Chélif. Le genre *Siderastraea* y est souvent présent, mais de manière très accessoire. Le caractère spectacu-

Source : MNHN, Paris



1 : Substrat anté-messinien. 2 : Marnes. 3 : Grès. 4 : Marno-calcaire. 5 : Calcaire à Mélobésiées. 6 : Diatomites. 7 : Récifs à *Porites*. 8 : Récifs mixtes à plusieurs genres de Madréporaires.

FIG. 106. — Rapports entre les constructions coralliennes et la sédimentation pré-récifale.

Source : MNHN, Paris

laire de ces récifs ne doit pas faire oublier que le genre *Porites* est représenté par plusieurs espèces et des morphologies coloniales variées.

Soulevé bien souvent, le problème des édifices dûs à la seule activité du genre *Porites* mérite qu'on si arrête, car il débouche sur des considérations touchant à la notion de « crise ». Pour de nombreux auteurs en effet, ces édifices monogénériques représentent un témoignage des conditions défavorables qui annoncent la phase évaporitique et constituent un repère stratigraphique.

En dehors du fait stratigraphique et paléogéographique il est évident que l'interprétation de ces récifs à *Porites* peut apporter des indications sur un phénomène biologique assez particulier. En effet il convient de considérer que l'activité de *Porites* a produit un volume considérable de calcaire alors que les conditions sont jugées globalement défavorables. Cette apparente contradiction masque en fait des défauts d'observation. En Algérie, nous avons vu que des récifs mixtes cotoyaient des récifs à *Porites* (Cap Figalo et Djebel Maazouz, Tafaraoui et Oued Ouenkis), dans un même contexte paléogéographique. Or partout ailleurs les disparités observés découlent des situations locales ou régionales d'environnement, le genre *Porites* demeurant seul quand la turbidité devient intolérable aux autres (Pont de Saboune). Plutôt que de rechercher les causes du développement de constructions monogénériques dans le cadre, finalement *postérieur* de la « crise » messinienne, il était tentant de vérifier si, au contraire, les caractères très diversifiés de la sédimentation pré-récifale pouvaient apporter des éclaircissements.

La Fig. 106 montre toutes les situations rencontrées, de manière très schématique, seule étant prise en compte la nature des sédiments et non leur puissance ou leur extension. En dehors du cas particulier au Pont de Saboune où les apports argileux permanents ne permettent que la croissance de *Porites*, on remarque que les récifs à *Porites* caractéristiques se développent dans des zones à accumulation diatomitique. Lorsque cette dernière disparaît, notamment au niveau du Djebel Meskine, on retrouve des constructions mixtes. Cette coïncidence ne saurait être fortuite et appelle une réflexion sur les relations éventuelles de cause à effet, qui sera largement développée plus loin (page 285).

Récifs mixtes

Dans ces récifs, nombreux en Oranie occidentale, l'association *Porites-Tarbellastraea* reste prépondérante. Cependant certains édifices montrent une réelle diversification et d'autres genres participent de manière significative à la construction : *Palaeoplesiastraea (?), Siderastraea, Acanthastrea, Palaeoastroides.*

Cependant, un certain nombre de récifs renferment également plusieurs genres de Coraux mais dont l'un s'avère largement prépondérant. Lorsque les apports argileux s'avèrent trop conséquents, c'est plus particulièrement une espèce, *Porites lobatosepta*, qui domine (Beni Ouarsous, Skouna SW), de manière même exclusive dans des cas extrêmes (Pont de Saboune). Dans les récifs de plate-forme des environs d'Ain Temouchent, le genre *Tarbellastraea*, sous forme de belles colonies colonnaires représente l'essentiel de l'armature. Cependant ces récifs admettent d'autres constructeurs dont le rôle varie localement : *Siderastraea, Porites, Acanthastrea...*

L'aspect chronologique

Si l'ensemble de l'épisode récifal corallien peut être circonscrit au Messinien biostratigraphique, ce qui représente une période extrêmement courte, il n'en demeure pas moins que toutes les constructions élaborées ne sont pas forcément rigoureusement synchrones.

En Oranie occidentale les récifs s'installent sur des substrats divers à la fin d'un mouvement transgressif qui gagne progressivement des massifs jusqu'alors émergés (Sebaa Chioukh, Traras, Skouna). Or la « crise » évaporitique messinienne ne concerne pas cette région qui devait donc être exondée au moment des dépôts d'évaporites. Dans le reste de l'Oranie l'édification récifale intervient généralement de la même façon au stade ultime de la phase transgressive ; elle montre de plus, notamment sur le Murdjadjo une progradation descendante liée à un abaissement du plan d'eau. Dans le bassin du Bas-Chélif l'activité corallienne se manifeste très tardivement dans la sédimentation messinienne. En première approximation on pourrait donc considérer globalement, sans tenir compte des particularités et des situations paléogéographiques locales, que l'élaboration récifale débute lorsque

Source : MNHN, Paris

la mer a pu gagner les points hauts, après le plus souvent la stabilisation du milieu réalisée par des couches à Mélobésiées, qu'elle atteint partout son maximum à l'issue de ce mouvement transgressif et qu'elle cesse en Oranie occidentale à la suite d'une vidange rapide du bassin pendant qu'elle perdure quelques temps en Oranie centrale et orientale jusqu'à ce que des conditions défavorables liées à un confinement accentué ne permettent plus la croissance des Madréporaires.

Événements messiniens post-récifaux

L'Oranie occidentale

Les formations corallienes marquent généralement le terme de la sédimentation messinienne en Oranie occidentale. Sur le plateau des Ouled Ben Adda les constructions se présentent sous forme de biohermes au sein de sédiments calcarénitiques, ou gréseux à l'approche des reliefs secondaires. Partout ailleurs les récifs ne sont recouverts que par les épanchements volcaniques plio-quaternaires ou les dépôts continentaux récents. Cela traduit probablement une vidange assez rapide de toute cette région à un moment du Messinien, dont la détermination précise reste délicate par manque de repères.

Le reste de l'Oranie

La sédimentation post-récifale coïncide avec ce qu'il est convenu de dénommer la « crise de salinité ». Les principaux faciés rencontrés à la périphérie immédiate des formations récifales corallienes sont les suivants :

* Marno-calcaires blancs à olistolithes de récif et figures de glissement synsédimentaires (Murdjadjo) ;
* Marnes litées peu épaisses (Tafaraoui, Bou Ziri) ;
* Évaporites d'importance limitée (Murdjadjo, Sig) ;
* Calcaire stromatolithique (Murdjadjo, Ouled Ali) ;
* Calcaires divers, souvent oolithiques et manganésifères présentant des figures de dessiccation ou des traces de racines (Murdjadjo, Ouled Ali) ;
* Grès (Ouled Ali, Beni Chougrane).

Cette sédimentation s'élabore en contrebas du sommet récifal. Sur le Murdjadjo elle s'appuie contre le tombant récifal majeur. Cependant les termes ultimes de ce cycle post-récifal regagnent partiellement le bord des édifices, ce qui suggère une remise en eau partielle avant l'épisode régressif terminal. Les faciés décrits ci-dessus témoignent d'une péjoration des conditions du milieu et donc d'un confinement des eaux accentué ; la faune s'y trouve considérablement réduite tandis que seules persistent des bioconstructions cyano-bactériennes, l'activité corallienne ayant cessé définitivement.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LES RÉCIFS CORALLIENS DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR DU MAROC

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

INTRODUCTION

Le cadre géographique

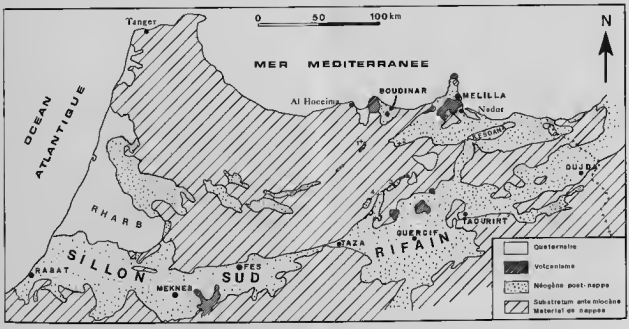
C'est toute la partie septentrionale du Maroc qui est concernée par cette étude, entre le Moyen Atlas et la côte méditerranéenne et depuis la frontière algéro-marocaine jusqu'aux alentours de Meknes. Cependant les affleurements récifaux du Miocène supérieur sont répartis schématiquement dans trois grands secteurs (Fig. 107) :

* Le Rif nord-oriental avec principalement d'Est en Ouest, la bordure du massif des Kebdana, les bassins de Melilla-Nador, du Kert et de Boudinar ;

* Le couloir (ou détroit, ou sillon) sud-rifain qui forme une bande étroite serrée entre le Rif et le Moyen Atlas et qui s'étend entre Oujda à l'Est et le bassin du Rharb à l'Ouest ;

* Les bassins intramontagneux s'ouvrant dans le Rif.

Compte tenu de l'extension très importante du secteur d'étude, il n'a pas été possible d'examiner dans le détail tous les affleurements connus, notamment du point de vue paléontologique. L'inventaire proposé, aussi exhaustif que permis, a donc été établi autant à partir des données bibliographiques que des renseignements tirés directement de la visite d'un certain nombre de sites.



1 : Midar. 2 : Arbaa de Taourirt. 3 : Ain Zorah. 4 : Tizroutine.
Fig. 107. — Carte de répartition des dépôts néogènes du Maroc.

Source : MNHN, Paris

Le cadre stratigraphique

Il ne saurait être question d'esquisser ici l'histoire géologique du Maroc septentrional et notamment de la chaîne rifaine. De nombreux travaux y ont été consacrés auxquels on pourra se reporter (voir la synthèse de Michard, 1976). Le présent travail s'attachera plus spécialement à envisager l'évolution paléogéographique qui, entre le Miocène supérieur et le Pliocène, guide l'implantation récifale corallienne. Cela conduit à fixer précisément le cadre stratigraphique et définir les coupures adoptées. Pour ceci nous disposons des résultats de nombreuses recherches biostratigraphiques basées essentiellement, pour une période récente, sur la détermination des Foraminifères, résultats qui seront indiqués pour chaque secteur considéré.

Cependant de nombreux problèmes subsistent pour relier les biozonations établies entre le domaine méditerranéen et le domaine d'influence atlantique. Comme on l'a vu, le Messinien est défini sur la base de l'apparition de *Globorotalia mediterranea* ou *Globorotalia conomiozea*. Cela ne pose pas de problèmes particuliers pour les bassins du Rif nord-oriental que l'on peut corréler avec les autres bassins méditerranéens et notamment l'Algérie occidentale. Par contre dans le couloir sud-rifain, les formes de *Globorotalia conomiozea* seraient atypiques ou rares. Cela avait amené certains auteurs (Feinberg & Lorenz, 1970) à considérer un « Messinien » plus étendu, englobant la zone à *Globorotalia dutertrei/humerosa*, donc la partie supérieure du Tortonien. Les travaux de Wernli (1979, 1980, 1987), tout en faisant le point sur ce problème, ne permettent pas de le résoudre complètement ; cet auteur propose la définition d'un Miocène terminal, sans dénomination, affecté de l'indice m6 et subdivisé de la manière suivante (Tabl. I) :

* m6a correspondant à la zone à *Globorotalia dutertrei/humerosa* et comportant une partie inférieure m6aα et une partie supérieure m6aβ (apparition de *Globorotalia conomiozea*) ;
* m6b correspondant à la zone *Globorotalia primitiva*, forme par ailleurs absente dans le domaine méditerranéen.

Ces délimitations établies sur une base purement biostratigraphique ne fixe donc pas un cadre très strict et les problèmes de terminologie exacte à employer demeurent, notamment pour tous les dépôts compris entre le Rharb et Oujda. On ne peut toutefois manquer de remarquer que si la fin du Messinien est caractérisée par un épisode régressif, conséquence de l'isolement de la Méditerranée, une partie du Messinien correspond en fait au maximum d'un mouvement transgressif, bien mis en évidence en Algérie. Il s'agit là d'un événement d'une grande ampleur qu'il conviendrait sans doute de prendre en considération comme repère pour établir des corrélations entre différentes zones.

Les récifs du Miocène supérieur au Maroc : les données

La présence de Madréporaires constructeurs miocènes n'a été signalée au Maroc qu'assez récemment. Sur la bordure du Moyen Atlas, Termier (1936), puis Colo & Morin (1952) observent des polypiers attribués à *Orbicella reussiana* (= *Tarbellastraea reussiana*). Lorenchet de Montjamont (1963b) décrit plus précisément un « affleurement récifal » avec des polypiers du genre *Porites*, dans le même secteur.

Chevalier (1961) cite un certain nombre d'espèces de Madréporaires miocènes du Maroc provenant essentiellement du Sillon sud-rifain. Il complète ensuite cette revue préliminaire par une étude plus détaillée qui concerne un nombre élevé d'échantillons récoltés par divers géologues (Chevalier, 1962). Une introduction stratigraphique de Choubert (1962) en précise le cadre géologique et paléogéographique. L'essentiel du matériel provient du Sillon sud-rifain et des bassins intramontagneux. Toutefois, l'échantillonnage semble peu représentatif, car il résulte de collectes réalisées par divers géologues de manière peu homogène. La mauvaise conservation du matériel a rendu également incertaines quelques déterminations spécifiques de Madréporaires. Par ailleurs les attributions stratigraphiques, basées sur des échelles aujourd'hui amendées, manquent de précision et peuvent paraître confuses. C'est surtout le problème de l'âge des « mollasses de base », constituant la majeure partie des affleurements récifaux, qui se pose. On attribuait alors cette formation au Tortonien inférieur sur la base des Hétérostégines (Choubert *et al.*, 1964). Cependant on peut retenir comme éléments importants, l'inventaire de nombreux gisements

Source : MNHN, Paris

connus dans le Sillon sud-rifain et la mise en évidence de l'affinité de la faune corallienne miocène recueillie avec celle du Bassin méditerranéen.

Les études ultérieures, réalisées dans le Sillon sud-rifain et plus particulièrement sur la bordure septentrionale du Moyen Atlas, permettent d'attribuer un âge tortono-messinien aux formations renfermant des Coraux constructeurs (MARTIN, 1981 ; CHARRIÈRE & WERNLI, 1982, 1984 ; CHARRIÈRE, 1984 ; WERNLI, 1987).

En ce qui concerne les affleurements récifaux coralliens du Rif nord-oriental nous disposons de renseignements beaucoup plus détaillés, le fait récifal ayant été bien pris en considération (cela n'était pas le cas pour l'Algérie). Ainsi les récifs à *Porites* des bassins de Boudinar et de Melilla, de même que les récifs frangeants de la bordure des Kebdana ont été intégrés par les auteurs dans le cadre de l'évolution paléogéographique messinienne (CHOUBERT *et al.*, 1966 ; CHARLOT *et al.*, 1967 ; FEINBERG, 1978a et b ; GUILLEMIN & RAMPNOUX, 1975 ; GUILLEMIN, 1976 ; GUILLEMIN, 1977 ; GUILLEMIN & HOUZAY, 1982 ; HOUZAY, 1975 ; HOUZAY *et al.*, 1975).

L'étude du complexe récifal proprement dit de la région de Melilla (Cap des Trois Fourches) a été abordée par GUILLEMIN & HOUZAY (1982), mais de manière encore relativement sommaire. De nouvelles indications sur les caractéristiques de cet édifice, apportées par ROUCHY (1982a), puis précisées par SAINT MARTIN & ROUCHY (1986) et ROUCHY *et al.* (1986), permettent de le situer dans l'histoire messinienne, en le considérant comme un des modèles de l'évolution de l'activité bioconstructrice en Méditerranée.

Au plan paléontologique, hormis l'étude des Madréporaires effectuée par CHEVALIER (1962), il n'existe que peu de données sur la faune récifale. Cependant quelques travaux portant sur des niveaux messiniens pré-récifaux de Melilla en décrivent les Bryozoaires (EL HAJJAJI, 1982, 1987, 1988), les Mollusques (BENMOUSSA, 1982 ; BENMOUSSA *et al.*, 1987) et les Echinides (LACHKHEM, 1982).

LE RIF NORD-ORIENTAL

PRÉSENTATION

Le cadre géographique

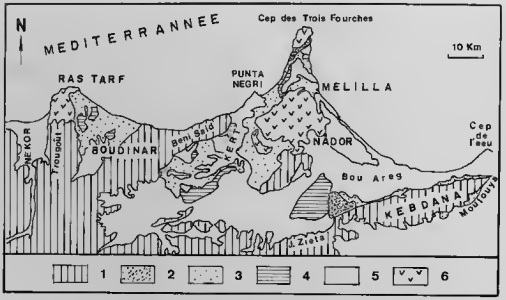
Les constructions coralliennes étudiées appartiennent à une série d'affleurements miocènes qui se répartissent, au Nord du Rif, le long de la côte orientale méditerranéenne. Il s'agit d'Est en Ouest, du piedmont du massif des Kebdana, du bassin de Melilla, du bassin du Kert et du bassin du Boudinar. En fait ce secteur est compris entre les cours de la Moulouya à l'Est et du Nekor à l'Ouest ; sa limite méridionale est constituée par une série de chaînons montagneux, prolongeant les Kebdana (Fig. 108).

Les études géologiques antérieures

Bien qu'abordées assez tardivement, l'étude des formations néogènes du Rif nord-oriental a donné lieu à d'importants travaux, très complets, portant autant sur la stratigraphie que la tectonique. A la suite des études préliminaires de CHOUBERT *et al.* (1966), GUILLEMIN (1976) a décrit en détail la série néogène des environs de Melilla (y compris la bordure des Kebdana), et HOUZAY (1975) celle du bassin de Boudinar. Une synthèse de ces données, complétée d'observations réalisées dans le Kert, constitue un ouvrage de référence pour toute cette région (GUILLEMIN & HOUZAY, 1982). Parallèlement FRIZON DE LA MOTTE (1982) apporte des éléments intéressants à la connaissance structurale du Rif oriental. On trouvera dans ces études l'historique des recherches géologiques effectuées sur ce secteur.

Il convient de rappeler que dans le Rif nord-oriental la datation du cycle messinien est établie à partir de la présence de *Globorotalia mediterranea* ou *G. conomiozea* (WERNLI, 1980). L'utilisation des données radiochronologiques établies sur le matériel volcanique mio-pliocène de toute cette région du Rif oriental a permis de préciser la chronologie absolue de certains événements

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum. 2 : Tortonien. 3 : Messinien. 4 : Pliocène. 5 : Quaternaire. 6 : Volcanisme.
FIG. 108. — Carte géologique simplifiée du Rif nord-oriental (d'après Guillemin et Houzay, 1982).

(CHARLOT *et al.*, 1967 ; CHOUBERT *et al.*, 1968). Ainsi ARIAS *et al.* (1976), BARBIERI *et al.* (1976) assignent à la limite Tortonien-Messinien un âge de 6,7 M.a., ceci en rapport avec des analyses micropaléontologiques (Foraminifères et Nannoplancton). HERNANDEZ (1983), puis HERNANDEZ & BELLON (1985) soulignent la difficulté à situer avec autant de certitude cette limite compte tenu du fait que le Tortonien dûment daté est en réalité très peu représenté.

En ce qui concerne les édifices à Madréporaires, on trouve diverses descriptions d'ensemble ou de détail dans les travaux précités. Cependant la structure précise des corps construits ainsi que des indications sur les morphologies coloniales ont été dégagées plus particulièrement par ROUCHY (1982a), SAINT MARTIN & ROUCHY (1986), ROUCHY *et al.* (1986).

Le contexte géologique : aperçu

Le Tortonien constitue un premier cycle transgressif marin, caractérisé par une sédimentation détritique, grossière à la base et devenant ensuite plus fine. Des intercalations de tufs rhyolitiques dans la sédimentation marquent la manifestation des premières activités volcaniques (volcan des Trois Fourches).

Le Messinien (*s.l.*) est transgressif, et en certains endroits discordant, sur le Tortonien et son aire d'extension est plus vaste. Des conglomérats en soulignent la base. La sédimentation messinienne se diversifie en fonction de la configuration des différents bassins ; elle est caractérisée par des passages latéraux de faciès très rapides. Les termes principaux en sont des marnes, bien représentées au fond des bassins, des laminites diatomitiques, des calcaires développés sur des hauts-fonds et vers la fin du cycle, des sables et marnes sableuses d'origine fluvio-deltaïque. Les formations calcaires de faible profondeur soulignent les contours de la paléotopographie et sont représentées par des couches à Mélobésiées (Melilla) ou des édifices coralliens (Kebdana, Melilla, Boudinar).

Le Pliocène inférieur est également partiellement transgressif sur les niveaux précédents et peut raviner les dépôts messiniens.

Plusieurs ensembles volcaniques ont fonctionné durant le Messinien. De nombreuses projections pyroclastiques s'intégrent en effet à différents niveaux dans la sédimentation. L'activité volcanique se poursuit par ailleurs jusque dans le Quaternaire.

Au point de vue tectonique on assisterait à la succession de diverses phases (CHOTIN & AIT BRAHIM, 1988 ; GUILLEMIN & HOUZAY, 1982 ;

Source : MNHN, Paris

RAMPNOUX *et al.*, 1979) : une période d'extension correspondrait à l'individualisation et au fonctionnement des bassins tortoniens ; une période de compression finitortonienne affecterait les dépôts tortoniens ; une période d'extension dès le début du Messinien marquerait l'approfondissement et l'individualisation des bassins précédemment ébauchés et serait synchrone de l'activité volcanique calco-alcaline.

LE BASSIN DE BOUDINAR

Introduction

Le bassin néogène de Boudinar s'ouvre sur la Méditerranée à l'Est de l'Oued Nekor. De forme triangulaire (Fig. 111), il est enserré d'Ouest en Est par les massifs de Trougoût, Beni-Touzine et Beni Saïd. En plusieurs points de ce bassin affleurent, de manière généralement discontinue, des masses de calcaires coralliens où dominent des constructions dues au genre *Porites* qui apparaissent vers le sommet de la série messinienne.

Un certain nombre de travaux effectués sur le bassin de Boudinar s'articulent autour de l'étude entreprise par HOUZAY pour en dégager les principaux aspects. Des publications préliminaires (CAIRE *et al.*, 1974 ; HOUZAY *et al.*, 1975) avaient esquissé les grands traits de la tectonique et de la stratigraphie, posant le problème du Messinien. La monographie de HOUZAY (1975), reprise et complétée dans GUILLEMIN & HOUZAY (1982) ainsi que l'élaboration de la carte géologique fournissent les éléments essentiels pour la connaissance du Néogène terminal dans ce secteur. Ainsi est mise en évidence la succession des cycles tortoniens et messiniens. Cependant la détermination précise de l'âge du passage tortono-messinien est encore discutée. HOUZAY place la base du Messinien au premier niveau volcano-sédimentaire, bien que *Globorotalia conomiozea* apparaisse un peu au dessus. WERNLI (1987), après avoir repris l'étude micropaléontologique de certaines coupes, constate l'absence de marqueurs dans la première partie de la sédimentation marneuse, mais juge possible la coïncidence entre les premiers événements volcaniques et l'apparition potentielle de *G. conomiozea*.

L'existence des couches diatomiques importantes a suscité plusieurs études plus ponctuelles : HILLALI & NATAF (1970), GARDETTE (1979), BIZON *et al.* (1979), ROUCHY & FRÈNEIX (1979), ROUCHY (1982a), WERNLI (1987).

Il ne sera envisagé ici que l'aspect général du phénomène récifal, par la présentation de deux coupes représentatives levées dans deux secteurs assez éloignés du bassin et de quelques observations réalisées sur le terrain en complément à la synthèse de GUILLEMIN & HOUZAY (1982), à laquelle on pourra se reporter pour de plus amples détails.

La coupe de Moulay el Arbi

Située dans la partie occidentale du bassin cette coupe (Fig. 109) a été décrite par HOUZAY (1975), HOUZAY *et al.* (1975), puis WERNLI (1987). Ces auteurs signalent la présence d'une première lentille à *Porites* au sein d'une série marneuse et des amas épars de calcaire à *Porites* tout à fait vers le sommet. En réalité, le premier niveau ne comporte pas de Madréporaires, mais surtout de nombreux Bryozoaires et des Mélobésiées.

Le calcaire construit lui-même n'apparaît qu'au sommet de la série, juste sous le conglomérat pliocène. On ne peut parler de corps en place. Il s'agit de blocs localisés, basculés, dispersés. L'essentiel est constitué de colonies en bâtons de *Porites* dont la disposition est toujours confuse. Quelques rares colonies de *Siderastraea* sont visibles.

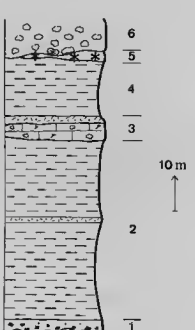
HOUZAY (1975) fournit une liste de la faune recueillie dans le conglomérat de base : les Pectinidae y dominent tandis que les Gastéropodes sont surtout représentés par les Turritellidae. Il signale en outre des colonies de *Siderastraea miocenica* (non retrouvées) fixées sur des pointements de quartzite et accompagnées par des petits Bryozoaires (?). Le niveau intermédiaire à Algues et Bryozoaires renferme également surtout des Pectinidae et des fragments d'Ostreidae.

Le calcaire à *Porites* ne montre que peu d'organismes associés bien conservés. On remarque cependant quelques Ostreidae, des Pectinidae (*Chlamys pusio*), des Spondylidae et d'assez nombreux tubes de Serpulidae.

On ne peut guère évoquer comme HOUZAY (1975) des biohermes, ni même des lentilles à

Source : MNHN, Paris

Porites, qui seraient compris dans les marnes messiniennes. Le calcaire corallien marque en fait le sommet de la série et constitue des masses apparemment déplacées, posées sur les marnes. La carte géologique de Boudinar indique par ailleurs des « biohermes stratiformes » (!), terme dont la signification semble bien énigmatique.



6. Conglomérat lité attribué au Pliocène. Il contient des éléments de calcaire récifal (notamment des colonies de *Siderastraea*).

5. Amas discontinus de calcaire construit à *Porites* et plus rarement *Siderastraea*. On note également, liées à ces amas, des accumulations de Serpules.

4. Marnes grisâtres contenant des Foraminifères planctoniques dont *Globorotalia conomiozea*.

3. Niveau calcaire à Mélobésiées et très nombreux Bryozoaires formant souvent l'essentiel de la roche, le tout étant surmonté d'une couche de cinérite blanche.

2. Marnes grises dépourvues de macrofaunes et pauvres en microfaune planctonique. Une datation absolue effectuée sur les cinérites intercalées (GUILLEMIN & HOUZAY, 1982) donne un âge de 6,4 ± 0,3 M.a.

1. Conglomérat à gros blocs de quartzite discordant sur le substratum. HOUZAY (1975) signale la présence de colonies de *Siderastraea* et un certain nombre de Mollusques.

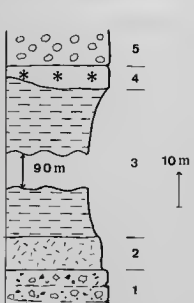
0. Substratum secondaire plissé.

FIG. 109. — Coupe de Moulay el Arbi.

La coupe de Talilit

Cette coupe, empruntée à HOUZAY (1975) et levée à l'Est de Boudinar, présente certaines similitudes avec celles de Moulay el Arbi (Fig. 110). L'épaisseur des marnes sous-jacentes est ici considérable et de nouveau le calcaire à *Porites* apparaît en position sommitale, juste sous les conglomérats considérés comme pliocènes.

Comme à Moulay el Arbi les calcaires sommitaux à *Porites* ne constituent pas des édifices nets, mais un ensemble plutôt confus. Le contenu paléontologique est identique avec des Ostreidae,



5. Conglomérats à galets de quartzite émoussés et ciment calcaire attribués au Pliocène, ravinant les termes précédents.

4. Ensemble discontinu de calcaires à *Porites*, à Algues Mélobésiées et Bryozoaires.

3. Marnes à microfaune rare, riches en concrétions ferrugineuses vers le sommet.

2. Niveau volcano-sédimentaire à biotite.

1. Conglomérat de base à débris de schistes, calcaires et quartzites. La macrofaune y est rare et mal conservée, représentée par des fragments de Pectinidae, de Bryozoaires branchus et de Polypiers solitaires.

0. Substratum secondaire microplissé.

FIG. 110. — Coupe de Talilit (HOUZAY, 1975).

Source : MNHN, Paris

des Spondylidae et des Bivalves perforants (*Lithophaga*). Il s'agit donc de caractéristiques générales à l'ensemble du bassin.

Observations complémentaires

Les affleurements coralliens au NW du bassin de Boudinar

D'autres calcaires à *Porites* ont pu être observés en divers points, dans une situation tout à fait similaire aux précédents. Ainsi, au point 157 (1 km à l'E de Sidi Hâj Youssef), des affleurements discontinus, décamétriques à hectométriques, de masses calcaires ne dépassant pas quelques mètres de puissance et reposant sur des marnes, montrent des constructions coralliennes. Ces dernières se présentent sous deux formes : des ensembles de colonies lobées, denses et des gerbes de colonies en bâtons. Apparemment les gerbes ne semblent jamais en position de vie. L'aspect très irrégulier de l'affleurement, chaotique par endroits, suggère fortement un glissement sur les marnes.

Malgré la mauvaise conservation d'ensemble on peut identifier, parmi la faune accompagnatrice, des Bivalves (*Ostrea* sp., Pectinidae, *Lithophaga lithophaga, Chama gryphoides, Cardium* sp...), quelques Gastéropodes (*Turritella* sp., *Vermetus* sp., *Diodora* sp.) et de fréquents tubes de Serpulidae. Les colonies de *Siderastraea*, toujours de taille réduite (quelques cm), accompagnent assez souvent celles de *Porites*. La présence dans ces niveaux de nombreuses figures assimilables à des endostromatolithes est à signaler. Des Bryozoaires encroûtants y sont associés le plus souvent.

Des affleurements de même nature et aux mêmes caractéristiques ont été visités au niveau d'Abboutene, au Sud de Sidi Hadj Youssef.

Les placages calcaires sur le substratum volcanique

La carte géologique de Boudinar signale des « récifs à *Porites* sur le volcan ». Un vérification a été effectuée sur un affleurement pointé à Sidi Hâj Mohammed et n'a permis d'observer que quelques blocs épars d'un calcaire lumachellique (moules internes peu déterminables) à Serpulidae. Une visite de tous ces pointements serait nécessaire pour vérifier si certains montrent réellement des constructions à *Porites*. Houzay *et al.* (1975) ne mentionnent d'ailleurs que des lambeaux de calcaires à Algues et Bryozoaires.

Répartition des affleurements récifaux coralliens

Houzay (1975) signale, dans plusieurs coupes à l'Ouest de Boudinar, des Madréporaires liés à la formation détritique de base. Il s'agirait des espèces suivantes : « *Dendrophyllia amica, Sclerohelia* sp. et *Tarbellastraea reussiana* ». C'est là un mélange de formes ahermatypiques (*Dendrophyllia, Sclerohelia*) et constructrices (*Tarbellastraea*). Bien qu'elle ne soit pas rare (Chevalier, 1962), cette association semble assez surprenante compte tenu des conditions écologiques favorables aux unes et aux autres. La forme, la dimension des colonies de *Tarbellastraea* ne sont pas précisées. S'agit-il d'une tentative de colonisation avortée à cause des apports détritiques de plus en plus fins et de l'approfondissement du milieu ou simplement de quelques exemplaires tout à fait isolés n'impliquant pas une élaboration récifale ?

Les constructions à *Porites* se répartissent sur tout le pourtour du bassin. Elles sont parfois très proches du socle secondaire (Moulay el Arbi), mais surmontent de manière générale une série marneuse plus ou moins épaisse. Il serait nécessaire de revoir tous les affleurements portés sur la carte géologique, d'en déterminer la position, la nature exacte et les conditions de gisement. Il semble bien que l'on n'ait jamais observé d'édifices bien constitués, en place. La nature même des masses conservées, exemptes de remplissage intercolonial marneux, interdit d'en faire des lentilles ou des « biohermes » englobés dans des marnes. Il a donc dû exister un complexe récifal marginal bien développé, sans doute assez continu, et dont ne subsistent que des lambeaux. Quelque soit la cause de ce démantèlement, on peut très bien observer le glissement de certaines masses sur les marnes, donnant l'impression d'interstratification. A la limite, il est même possible, qu'à Moulay el Arbi, le niveau, ou plutôt la lentille à Bryozoaires et Algues, ne constitue qu'une loupe de glissement et représente en fait l'équivalent des calcaires construits sommitaux. Le contact avec les marnes « sus-jacentes » n'apparaît d'ailleurs pas clairement, comme le souligne la coupe de Wernli (1987).

Source : MNHN, Paris

Les calcaires à *Porites* et la sédimentation messinienne

Les marnes

Comme on l'a vu plus haut les constructions coralliennes reposent le plus souvent sur des marnes, mais ne présentent aucun caractère d'une élaboration dans un contexte d'apports terrigènes fins, tel qu'on peut l'observer en Oranie occidentale par exemple.

Les calcaires à Algues et Bryozoaires

Les affleurements de calcaires à Mélobésiées et à Bryozoaires semblent posséder les mêmes caractéristiques que les constructions à *Porites*. En Algérie ces faciès témoignent en général de l'installation de plates-formes carbonatées plus ou moins étendues. Ils servent souvent de semelle à l'implantation récifale corallienne. Signalons également l'abondance des Serpulidae.

Les diatomites

Une formation marno-diatomitique est localisée à l'extrémité nord-occidentale du bassin, en bordure du massif volcanique du Ras Tarf contre lequel elle butte par contact faillé (ROUCHY, 1982a). Elle repose localement sur des niveaux volcano-sédimentaires. La coupe de Sidi Hâj Youssef a été étudiée par différents auteurs. WERNLI (1987) y a mis en évidence, nettement sous les niveaux diatomitiques, la présence de *Globorotalia conomiozea*, ce qui place l'ensemble de la coupe dans le Messinien. Les résultats obtenus dans différents domaines par GUILLEMIN & HOUZAY (1982), GARDETTE (1979), BIZON *et al.* (1979), ROUCHY & FRÉNEIX (1979), ROUCHY (1981) se recoupent assez bien. Ils permettent d'envisager un milieu marin franc, une profondeur de dépôt avoisinant 100 m et des modalités d'accumulation des diatomées impliquant le fonctionnement épisodique de résurgences côtières (*upwelling*) à apports d'eaux froides. La série se termine par des marnes sableuses ravinées par des conglomérats (pliocènes ?).

Les pointements de calcaire à *Porites* les plus proches sont situés sur la rive opposée de l'Irhzer Tirhza, mais la position relative des deux faciès est difficile à préciser. Compte tenu du fait que les constructions coralliennes surmontent les séries marneuses et sont le plus souvent encastrées sous le conglomérat, présent également à Sidi Hâj Youssef, on peut estimer, mais sans certitude, que l'édification récifale a suivi de peu la période d'accumulation diatomitique. L'analyse des profondeurs supposées de dépôt autorise donc à admettre une paléotopographie comportant des zones hautes (plate-forme possible) favorables à l'implantation corallienne et des zones bordières s'approfondissant, sièges d'une sédimentation marneuse et diatomitique. Il reste à situer l'emplacement des hauts-fonds et leur extension.

Conclusion

L'analyse des constructions à *Porites* conduit à exclure l'éventualité d'un développement récifal intra-marneux sous forme de lentilles ou de « biohermes ». La plupart des affleurements observés ne semblent pas en place (colonies déplacées, constructions chaotiques). Le conglomérat surmontant la série messinienne remanie certains éléments récifaux. Cependant ce calcaire à *Porites* est présent dans tout le bassin, surtout vers la périphérie. Tout ces faits amènent à envisager comme hypothèse le schéma d'évolution suivant :

* Le bassin de Boudinar est envahi par la transgression messinienne (*s.l.*) qui gagne sur les massifs secondaires ; cette phase est marquée par le dépôt généralisé de conglomérats ;

* L'individualisation du bassin et la subsidence se poursuivant, ce sont des marnes qui se déposent ; une activité volcanique contemporaine provoque l'intercalation de cinérites dans ces marnes ;

* La constitution d'une plate-forme, ou d'une série de hauts-fonds, peut-être liée à la fin de la subsidence dans le bassin et à des mouvements tectoniques synsédimentaires (GUILLEMIN & HOUZAY, 1982), conduit à la mise en place d'une sédimentation carbonatée ; cette plate-forme devait s'appuyer en partie sur la bordure du bassin et s'étendre vers le centre (sans doute sous les conglomérats attribués au Pliocène) ; vers le NW sa limite est marquée par une zone plus profonde où des remontées d'eaux froides, périodiques ont provoqué la prolifération et l'accumulation de diatomées ; les constructions coralliennes se sont développées dans ce contexte, au niveau de la plate-forme ;

* Une régression affecte ensuite l'ensemble du bassin ; on peut imaginer que le démantèlement

Source : MNHN, Paris

du complexe récifal, le glissement de masses calcaires sur les marnes, de même que le ravinement des séries messiniennes, surviennent durant cette période qui enregistre les effets de mouvements tectoniques (GUILLEMIN & HOUZAY, 1982 ; FRIZON DE LAMOTTE, 1982).

* Un conglomérat, dépourvu de faune marine, scelle la surface d'érosion précédemment établie ; pour HOUZAY (1975), il constitue la base de la transgression pliocène.

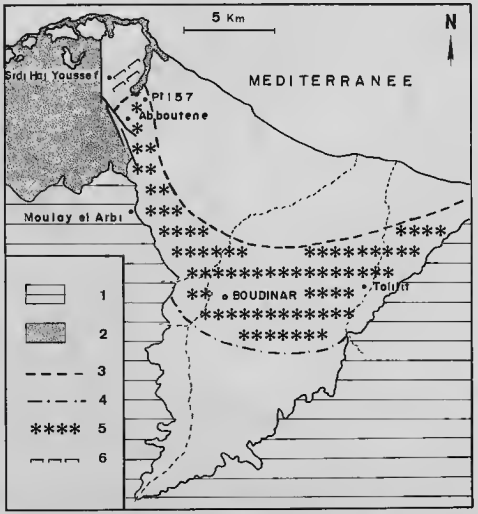
Selon la situation des divers affleurements de calcaires à Algues, Bryozoaires, Serpulidae et coralliens récifaux, on peut proposer, à titre d'hypothèse, que la plate-forme (?) carbonatée affectait la forme d'un croissant élargi, épousant plus ou moins la forme du bassin (Fig. 111).

LE BASSIN DE MELILLA

Introduction

Situation

Le bassin néogène de Melilla est limité vers le Nord par le complexe rhyolitique du Cap des Trois Fourches ; il s'appuie vers le NE sur des terrains métamorphisés attribués au Paléozoïque. Vers le Sud, il est bordé par l'appareil volcanique du Gourougou. Il s'étend vers l'Ouest jusqu'à la basse vallée de l'Oued Kert. Le secteur envisagé dans cette étude est compris entre Punta Negri (Fig. 120) et l'enclave espagnole de Melilla et



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Matériel volcanique du Ras Tarf 3 : Limite externe du récif messinien. 4 : Limite interne du récif. 5 : Récif corallien. 6 : Emplacement des laminites diatomitiques.

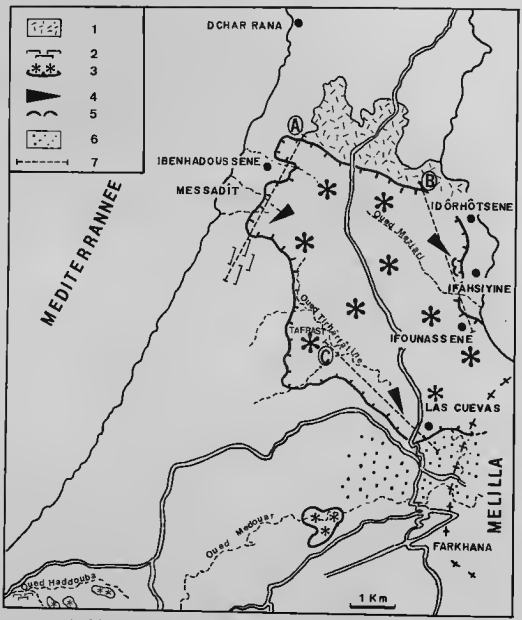
FIG. 111. — Extension supposée du récif messinien de Boudinar.

Source : MNHN, Paris

représente une grande partie de la presqu'île des Trois Fourches (Fig. 112).

Les études antérieures

Les premières études sur le Néogène de Melilla (Del Valle, 1917) n'apportent que peu de renseignements sur les cycles sédimentaires. Candel-Villa (1930) distingue un Miocène inférieur, un Miocène moyen (Vindobonien) au sein duquel il récolte des faunes attribuables au Tortonien-Sahélien et un Pliocène constitué de calcaires caverneux (en fait récifaux) ; il indique une inclinaison générale des couches tertiaires vers le SE. Fallot *et al.* (1952) considèrent l'ensemble des affleurements du bassin comme pliocène (sur la base de la « Mapa Geologico » au 1/50 000 de Kelaïa, 1948) ; le pendage des couches leur suggère l'effet d'un bombement orienté N-S. Choubert *et al.* (1966) établissent



1 : Calcaires biodétritiques pré-récifaux. 2 : Position des laminites dolomitiques.
3 : Extension probable du complexe récifal à Madréporaires (*). 4 : Principales directions de progradation.
5 : Complexe supérieur à stromatolithes. 6 : Faciès laguno-lacustres. 7 : Situation des coupes → A : Fig. 113, B : Fig. 117, C : Fig. 116.

Fig. 112. — Les formations récifales coralliennes du bassin de Melilla, situation et extension.

Source : MNHN, Paris

les bases de la stratigraphie du Néogène du bassin de Melilla et envisagent deux cycles miocènes : le Tortonien et le Messinien. Les faciès récifaux à *Porites* du Messinien sont décrits comme étant constitués de lentilles de calcaire récifal superposées irrégulièrement et accompagnées de sédiments périrécifaux provenant de la destruction des constructions. Ces auteurs soulignent également l'aspect irrégulier de la sédimentation qui en résulte, les couches changeant rapidement de faciès et d'épaisseur ; ces observations sont nettement exprimées sur les coupes géologiques fournies. Une étude géologique complète des formations néogènes de la région est alors entreprise par GUILLEMIN (1976) dans un mémoire de thèse complété par diverses publications (GUILLEMIN, 1977 ; GUILLEMIN & RAMPNOUX, 1975) et la synthèse sur le Rif nord-oriental (GUILLEMIN & HOUZAY, 1982). Les principaux résultats en sont l'individualisation et la caractérisation des cycles sédimentaires tortonien et messinien, la reconstitution de l'histoire tectonique et son incidence sur la sédimentation et la mise au point de la carte géologique au 1/50 000. Cependant, les morphologies d'ensemble et de détail du complexe récifal ne sont pas complétement prises en compte. Ce sera le fait de ROUCHY (1982a) qui met en évidence le phénoméne de progradations des corps récifaux et établit sa signification dans le contexte messinien. Cet auteur signale également pour la premiére fois l'existence d'une formation diatomitique dans la partie occidentale du bassin. Des travaux récents (SAINT MARTIN & ROUCHY, 1986 ; ROUCHY *et al.*, 1986) complétent les observations précédentes et seront largement repris dans la présente étude.

Une activité volcanique presque continue se manifeste (Cap des Trois Fourches, Gourougou) durant le Néogène. Diverses datations ont été effectuées, notamment sur le matériel pryoclastique intercalé dans les sèries marines tortono-messiniennes (CHARLOT *et al.*, 1967 ; CHOUBERT *et al.*, 1968 ; HERNANDEZ, 1983 ; HERNANDEZ & BELLON, 1985), mais des problémes subsistent pour les relier avec les données de la biostratigraphie (limite Tortonien-Messinien).

Sur le plan paléontologique, la plupart des études réalisées concernent plus spécialement les niveaux pré-récifaux (BENMOUSSA, 1982 ; BENMOUSSA *et al.*, 1987 ; EL HAJJAJI, 1982 ; LACHKHEM, 1982). Quelques déterminations de Madréporaires sont données par CHOUBERT *et al.* (1966).

Le contexte géologique : aperçu

La premiére transgression « post-nappe » est attribuable au Tortonien. Elle se manifeste essentiellement dans le Nord du bassin de Melilla. Les dépôts sont d'abord grossiérement détritiques (conglomérats de base), puis ils deviennent progressivement plus fins avec des marnes et des grés dans lesquels s'intercalent des tufs rhyolitiques. Pour GUILLEMIN & HOUZAY (1983), une phase de compression termine ce cycle.

Le cycle messinien (*s. l.*) est marqué à sa base par des conglomérats et montre une discordance angulaire avec les termes tortoniens. La sédimentation se diversifie alors selon les grandes lignes paléogéographiques. A partir du Nord, s'appuyant sur les terrains antérieurs, s'établit une plate-forme de faible profondeur, siège d'une sédimentation carbonatée et à la périphérie de laquelle le milieu s'approfondit avec des sédiments marneux et diatomitiques. C'est dans ce contexte que s'installe un important complexe récifal à Madréporaires. La fin du cycle messinien présente un caractére nettement régressif, avec des dépôts marno-sableux fluvio-deltaïques et laguno-lacustres. Cependant l'épisode évaporitique messinien n'est pas ici représenté par des évaporites. L'activité volcanique du Gourougou se manifeste par l'émission de cendres qui se déposent à plusieurs reprises dans le bassin marin et s'intercalent dans les sédiments marneux ou marno-calcaires.

Le Pliocène est transgressif mais reste en retrait du maximum d'extension messinienne.

Le complexe récifal des Trois Fourches : structure d'ensemble

Le complexe récifal des Trois Fourches, qui se développe directement au NW de la ville de Melilla, se présente schématiquement sous la forme d'un corps elliptique (7 × 4 km), dont l'axe principal serait orienté NNE-SSW (Fig. 112). Il repose sur les marnes tortono-messiniennes par l'intermédiaire d'une puissante série de calcaires biodétritiques (jusqu'à 100 m) comportant des dépôts lumachelliques et algaires (rhodolithes) riches en macrofaune. Il est constitué d'un ensemble de masses construites emboî-

Source : MNHN, Paris

tées, ceinturées d'un important épandage biodétritique et s'abaissant régulièrement dans la topographie. Les directions de plongement apparaissent divergentes, soulignant la morphologie de la plate-forme sur laquelle s'installe l'édifice.

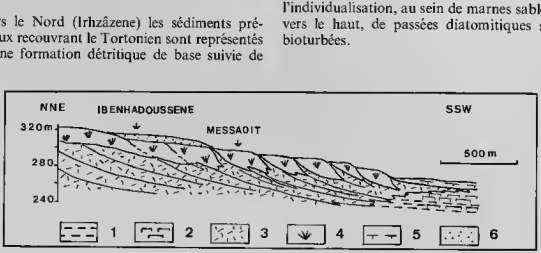
Trois secteurs ont été choisis pour préciser les modalités du développement récifal et son implication dans l'histoire messinienne : le secteur nord-occidental aux environs de Messadit et Ibenhadoussene, le secteur traversé par l'Oued Tirhârfâtine (SW) et le secteur oriental entre Idôrhôtsene et Ifounassene.

Le secteur de Messadit

Les sédiments pré-récifaux

Vers le Nord (Irhzâzene) les sédiments pré-récifaux recouvrant le Tortonien sont représentés par une formation détritique de base suivie de niveaux calcaires, à intercalations cinéritiques, très fossilifères. Les Polypiers branchus signalés par GUILLEMIN (1976) sont sans doute en réalité des Bryozoaires, comme le souligne EL HAJJAJI (1982). Vers le sommet ces calcaires se chargent en Mélobésiées. Au niveau d'Ibenhadoussene les sédiments calcaires biodétritiques sont nettement disposés en écailles sigmoïdes emboîtées dont le plongement, à direction SW, atteint 30° dans la partie supérieure et se rapproche progressivement de l'horizontale en position distale. Les corps récifaux qui les surmontent montrent une progradation descendante de même direction.

Vers l'Ouest et le SW la série messinienne est essentiellement marneuse. Une coupe effectuée par ROUCHY (1982a) au Sud de Messadit montre l'individualisation, au sein de marnes sableuses et vers le haut, de passées diatomitiques souvent bioturbées.



1 : Marnes vertes. 2 : Formation marno-diatomitique. 3 : Calcaires pré-récifaux et péri-récifaux. 4 : Corps récifaux à *Porites*. 5 : Marnes pliocènes. 6 : Quaternaire.

FIG. 113. — Coupe de Messadit (situation Fig. 112A).

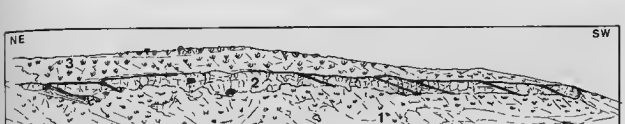
L'édification corallienne

Le complexe récifal lui-même apparaît composé de corps construits plus ou moins allongés, prolongés par des sédiments calcaires biodétritiques de talus riches en débris de thalles d'*Halimeda*. Ces ensembles [corps construit + épandage biodétritique à *Halimeda*] sont emboîtés et se relayent en montrant une progradation générale vers le SW (Fig. 114). L'essentiel de la construction est assuré par des colonies de *Porites* avec des formes laminaires et en bâtons verticaux étroitement mêlées. Quelques exemplaires de colonies sans doute attribuables à *Tarbellastraea* ont été récoltés sur la falaise orientale d'Ibenhadoussene.

Au Sud de Messadit on peut observer la terminaison de l'édifice. Les niveaux à *Halimeda* se réduisent et finissent par se biseauter vers le SW (Fig. 115). Ils surmontent à cet endroit la série marneuse et marno-diatomitique. Le Pliocène marneux qui recouvre l'ensemble fait directement suite vers le Sud aux marnes messiniennes.

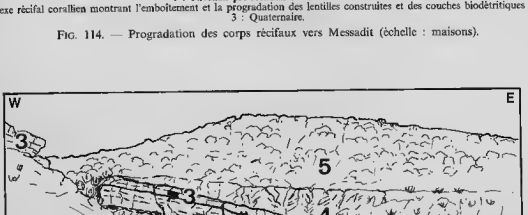
A Ibenhadoussene, des masses de calcaire récifal éboulées sur les marnes sous-jacentes témoignent sans doute du démantèlement ultérieur de la terminaison occidentale du récif.

Source : MNHN, Paris



1 : Niveaux pré-récifaux marno-calcaires.
2 : Complexe récifal corallien montrant l'emboîtement et la progradation des lentilles construites et des couches biodétritiques à *Halimeda*.
3 : Quaternaire.

FIG. 114. — Progradation des corps récifaux vers Messadit (échelle : maisons).



1 : Formation diatomitique. 2 : Calcarénites riches en *Halimeda* à la base.
3 : Niveau calcaire se terminant en biseau. 4 : Marnes pliocènes. 5 : Recouvrement quaternaire.

FIG. 115. — Terminaison du complexe récifal au Sud de Messadit (section de 60 m environ).

Le secteur de l'Oued Tirhârfâtine

Présentation

L'Oued Tirhârfâtine dont le cours est orienté NW-SE entaille profondément le complexe récifal corallien et permet d'en dégager les principales caractéristiques (Fig. 116).

Les niveaux pré-récifaux ne sont visibles que partiellement au fond de l'oued. Il s'agit de calcaires plus ou moins marneux, biodétritiques et lumachelliques renfermant surtout des Pectinidae.

L'édification corallienne

A partir de Tafrast et en redescendant l'oued vers le SE on peut suivre la progression du complexe récifal. L'emboîtement des corps récifaux y est très manifeste. L'ensemble montre une progradation dirigée sensiblement N-S. Cependant dans le détail l'organisation de l'ensemble de l'édifice est bien plus complexe. Vers le Nord, les constructions constituent une couche peu épaisse (4 à 6 m) qui repose sur la tranche des calcaires biodétritiques sous-jacents ; cette couche est relayée progressivement par un système de corps

Source : MNHN, Paris

1 : Calcaires pré-récifaux et péri-récifaux. 2 : Récif à Madréporaires.
3 : Sables, marnes et calcaires laguno-lacustres du complexe terminal.
FIG. 116. — Coupe de l'Oued Tirhârfâtine (situation Fig. 112c).

coralliens emboîtés cependant que les épandages biodétritiques à *Halimeda* s'épaississent nettement. En fait chaque corps récifal à *Porites* s'installe sur le talus biodétritique du précédent. Ainsi chaque masse corallienne présente vers sa partie externe un front plus ou moins marqué devant lequel se dépose souvent une brèche corallienne et à partir duquel se développe un épandage biodétritique très chargé en *Halimeda*. Il se surimpose à ce système un placage (environ 2 m d'épaisseur), constitué de petits fragments de coraux et de débris d'*Halimeda*, qui s'incline vers l'oued, c'est-à-dire vers le SW. Ceci amène à envisager l'existence au niveau de l'oued d'une ancienne passe ou échancrure dans le complexe récifal, recevant des éléments coralliens arrachés aux constructions sur ses flancs.

Les corps récifaux à *Porites* montrent des constructions en gerbes caractéristiques, mêlées à des éléments laminaires horizontaux. La dimension de ces corps est assez variable. En moyenne leur puissance n'excède pas 5-6 m tandis que leur extension est d'ordre décamétrique à hectométrique.

La terminaison externe du complexe est marquée par des corps coralliens plus conséquents. Ainsi dans le cours inférieur de l'oued (à droite de la route du Cap des Trois Fourches), plusieurs grottes, « Las Cuevas de los Porites » (appellation non d'origine), sont creusées dans une masse construite où les colonies de *Porites*, très denses, forment de grandes gerbes montrant des expansions latérales laminaires. Ces grottes pourraient correspondre à des excavations originelles préservées. Au delà, vers Melilla, l'oued s'engage dans une gorge rétrécie entièrement taillée dans la masse récifale. Les dernières constructions sont visibles près de la frontière.

Le sommet du complexe est affecté par des phénomènes postérieurs de silicification.

Les sédiments post-récifaux

Toute la bordure méridionale de l'édifice est largement ennoyée par des sédiments marno-sableux à figures d'expulsion de fluides. La série se termine par des calcaires montrant des influences continentales très nettes. Ces dépôts témoigneraient selon GUILLEMIN (1976) d'un environnement fluvio-deltaïque à laguno-lacustre. Vers la base, c'est-à-dire au contact avec le récif, ces sédiments remplissent les dépressions et les chenaux de la paléotopographie récifale.

La faune associée

Au point de vue paléontologique, bien que l'échantillonnage réalisé n'ait qu'une valeur indicative, on peut caractériser plusieurs associations liées aux divers faciès.

Les calcaires pré-récifaux renferment surtout des Bivalves (*Anadara turonica, Glycymeris bimaculata, Modiola adriatica, Gastrana fragilis, Dosinia exoleta...*), quelques Gastéropodes (Turritellidae), des Échinides (*Schizaster*) et des Bryozoaires.

Aux constructions à *Porites* sont associés un certain nombre d'organismes malheureusement toujours très mal conservés et souvent indéterminables (Bivalves, articles de Décapodes). On remarque toutefois l'extrême abondance de *Chlamys pusio* pour les Bivalves et celle de *Psamme-*

Source : MNHN, Paris

chinus sp., Échinide régulier fréquent dans les anfractuosités ménagées entre les colonies. Parmi les Gastéropodes citons *Alvania* sp., *Haliotis* cf. *tuberculata, Clanculus* sp., *Thericium vulgatum,* Triphoridae, *Cerithiella exbicarinata* et un échantillon fragmentaire de *Cymbium* sp.

Dans les couches péri-récifales á *Halimeda,* on trouve outre des Bryozoaires abondants formant des colonies parfois denses, des tubes de Serpules, des Bivalves (*Chlamys pusio, Aequipecten seniensis, Diplodonta rotundata, Tellina planata, Dosinia exoleta*), des Gastéropodes (*Thericium vulgatum,* Triphoridae...).

Le secteur oriental

La coupe que l'on peut effectuer le long des falaises orientées N-S qui bordent la mer entre Idôrhôtsene et Ifounassene se complète par une coupe parallèle suivant le cours de l'oued Meziari (Fig. 117).

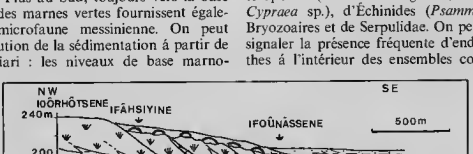
Les niveaux pré-récifaux

Les sédiments pré-récifaux sont bien connus dans ce secteur. GUILLEMIN (1976) décrit une coupe à Idôrhôtsene montrant à la base une succession de sables cinéritiques et marnes micacées ayant fourni une association de Foraminifères planctoniques caractéristique du Messinien. La sédimentation se poursuit par des calcaires biodétritiques, lumachelliques, riches en macrofaune. Plus au Sud, toujours vers la base de la série, des marnes vertes fournissent également une microfaune messinienne. On peut suivre l'évolution de la sédimentation á partir de l'Oued Meziari : les niveaux de base marno-gréseux á passées cinéritiques passent progressivement à des sédiments calcaires au litage plus évident et qui se chargent vers le haut en Mélobésiées. Ces calcaires servent de support à l'édification corallienne.

Le complexe récifal

Ce secteur présente les mêmes phénoménes de progradation (ici dirigée vers le SW) de lentilles construites associées á des épandages biodétritiques á *Halimeda* décrits précédemment. Le passage d'un corps récifal à une autre est ici particulièrement mis en relief le long de la falaise parallèle á la côte orientale. Les bords des corps construits sont souvent indiquées par un front plus épais montrant de grandes gerbes de colonies de *Porites.* Les sédiments qui se déposent contre ce front apparaissent d'abord trés pentées puis le pendage s'adoucit pour s'approcher de l'horizontale en position plus distale. On y remarque des accumulations de Serpulidae pouvant être considérés comme de petites constructions. A l'extrémité méridionale de l'édifice, des masses construites á grandes gerbes de *Porites* sont délimitées par un front récifal abrupt (8 à 10 m) ; on peut y déceler la présence de structures semblables à celles d'éperons et sillons.

La faune récoltée au sein des constructions á Coraux se compose de Bivalves (*Arca noae, Barbatia barbata, Lithophaga lithophaga, Chlamys pusio, Spondylus* sp., *Codakia decussata, Chama gryphoides, Venus* sp.), de quelques Gastéropodes (*Thericium vulgatum, Clanculus* sp., *Cypraea* sp.), d'Échinides (*Psammechinus*), de Bryozoaires et de Serpulidae. On peut également signaler la présence fréquente d'endostromatolithes á l'intérieur des ensembles coloniaux.



1 : Calcaires pré-récifaux et péri-récifaux. 2 : Récif à Madréporaires.
3 : Formation stromatolithique. 4 : Sables et marnes du complexe terminal.

FIG. 117. — Coupe du secteur oriental (Fig 112B).

Source : MNHN, Paris

La sédimentation post-récifale

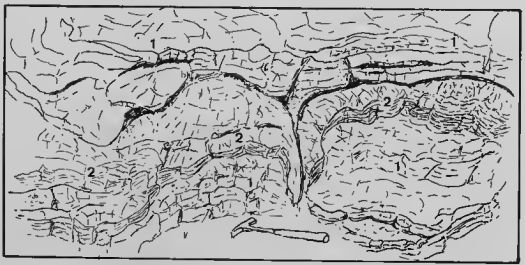
Dans la partie méridionale du secteur la terminaison du complexe récifal est marquée par l'ennoyage du bord récifal par des sédiments marno-sableux que l'on peut relier à ceux rencontrés dans l'Oued Tirhârfâtine et apparemment très pauvres en macrofaune. Dans ces couches, s'individualisent des corps sédimentaires irréguliers très visibles dans les falaises d'Ifounassene. Ils sont constitués d'une alternance de niveaux marno-sableux montrant de belles figures d'expulsion de fluides, de vastes coupoles stromatolithiques, de minces couches calcaires á Cérithes et Annélides tubicoles et de calcaires gréseux et oolithiques. Ces derniers présentent généralement des stratifications obliques de petites dimensions tout á fait semblables á celles décrites par ROEP *et al.* (1979), dans des niveaux similaires d'Espagne (Sorbas) et interprétées comme résultant de l'action des vagues sur des sédiments peu profonds.

La formation stromatolithique se développe également sur l'édifice corallien, en position sommitale au niveau des falaises d'Ifâshiyine. Il s'agit d'une couche calcaire irréguliére d'aspect renfermant des masses en coupoles métriques recouvrant l'un des paliers de l'édifice et enveloppant des blocs récifaux plus ou moins basculés (Fig. 118). Des niveaux á Serpulidae y sont associés ainsi que des calcaires biodétritiques à récurrences stromatolithiques contenant de petits Cerithidae. Les différentes masses sont séparées par des surfaces de discontinuités nettes. Les coupoles stromatolithiques montrent une fine lamination et enveloppent des masses calcaires vacuolaires sans structure apparente et qui pourraient représenter des colonies coralliennes affectées d'une importante recristallisation. Les laminations concentriques peuvent être entourées d'une couche à structures plus ou moins tubulaires verticales, également d'origine stromatolithique. Enfin ce complexe terminal á stromatolithes renferme des niveaux finement lités à ooïdes.

Les affleurements de l'Oued Medouar

Situé plus au Sud, longeant et contournant le massif du Gourougou, l'Oued Medouar laisse affleurer une masse récifale en situation plus distale par rapport au complexe précédemment décrit. Les constructions coralliennes reposent directement sur une barre peu épaisse (1 m) de calcaire á rhodolithes riche en Bivalves (notamment *Chlamys* cf. *malvinae* et *Pecten benedictus*) surmontant des calcaires bioclastiques (ROUCHY, 1982a). La masse construite est recouverte par le complexe terminal de marnes sableuses jaunes, sables cinéritiques, calcaire oolithique et marno-calcaires vermiculés laguno-lacustres (GUILLEMIN, 1976).

L'intérêt de cet affleurement est de montrer la



1 . Calcaire lité á ooïdes. 2 : Laminations stromatolithiques.
FIG. 118. — Coupoles stromatolithiques (échelle : marteau).

Source : MNHN, Paris

structure et la morphologie des ensembles coloniaux à *Porites* difficilement observables par ailleurs, compte tenu de l'état de conservation. On y constate l'étroite intrication entre les gerbes de colonies en bâton et les formes laminaires détaillées plus loin.

La situation de ces constructions en regard de l'édifice central suggère deux explications. Il s'agit soit d'une des dernières lentilles du complexe récifal corallien en situation légèrement distale (et donc largement recouverte par les sédiments terminaux marno-sableux comme à Ifounassene), soit d'un haut-fond indépendant, aux dimensions plus limitées.

Les affleurements méridionaux du Taourirt Medil

Présentation

Entre le massif du Gourougou et Punta Negri, le Taourirt Medil (266 m) domine les vallées de l'Oued Haddouba et de l'Irhzer Tirhâzrine (Fig. 119).

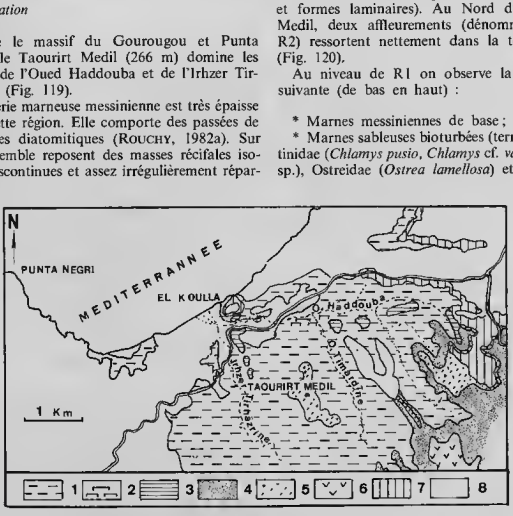
La série marneuse messinienne est très épaisse dans cette région. Elle comporte des passées de laminites diatomitiques (ROUCHY, 1982a). Sur cet ensemble reposent des masses récifales isolées, discontinues et assez irrégulièrement réparties. Selon GUILLEMIN (1976), elles seraient souvent alignées et placées à la même altitude. Ce n'est pas le cas en réalité. En effet on observe des affleurements au niveau d'El Koulla et du cours inférieur de l'Irhzer Tirhâzrine à une cote assez basse (aux alentours de 30 m), d'autres sur le flanc nord du Taourirt Medil à des altitudes variant entre 100 m et 150 m.

Les affleurements récifaux

A partir d'El Koulla, vers le Sud, les masses calcaires sont posées de manière irrégulière sur les marnes. L'ensemble présente un aspect chaotique évident ; les ensembles coloniaux apparaissent souvent basculés. Il s'agit de constructions à *Porites* aux caractéristiques habituelles (gerbes et formes laminaires). Au Nord du Taourirt Medil, deux affleurements (dénommés R1 et R2) ressortent nettement dans la topographie (Fig. 120).

Au niveau de R1 on observe la succession suivante (de bas en haut) :

* Marnes messiniennes de base ;
* Marnes sableuses bioturbées (terriers) à Pectinidae (*Chlamys pusio, Chlamys* cf. *varia, Pecten* sp.), Ostreidae (*Ostrea lamellosa*) et Veneridae



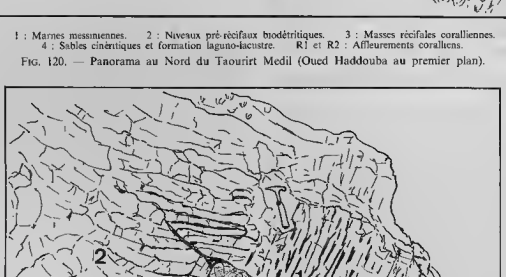
1 : Marnes messiniennes. 2 : Situation des laminites diatomitiques. 3 : Affleurements récifaux. 4 : Sables cinéritiques. 5 : Formation laguno-lacustre. 6 : Coulée basaltique. 7 : Sables marneux pliocènes. 8 : Quaternaire.

FIG. 119. — Le Messinien autour du Taourirt Medil.

Source : MNHN, Paris

1 : Marnes messiniennes. 2 : Niveaux pré-récifaux biodétritiques. 3 : Masses récifales coralliennes.
4 : Sables cinéritiques et formation laguno-lacustre. R1 et R2 : Affleurements coralliens.

FIG. 120. — Panorama au Nord du Taourirt Medil (Oued Haddouba au premier plan).



1 : Colonies en gerbes. 2 : Colonies latérales laminaires.

FIG. 121. — Taourirt Medil nord : ensemble colonial à *Porites* basculé (échelle : marteau).

(*Venus* cf. *multilamella*) ; le sédiment devient plus biodétritique vers le haut ; → 3-4 m ;

* Masse construite à colonies de *Porites* basculées (Fig. 121) et silicifiées vers le sommet ; une petite faille décale une partie des constructions coralliennes et les met en contact avec les niveaux marno-sableux ; → 4-5 m.

Au niveau de R2 la série est similaire :

* Marnes vertes messiniennes de base ;
* Niveau marno-sableux ; → 1 m ;
* Couche calcarénitique se chargeant vers le sommet en accumulations irrégulières de fragments d'*Halimeda* ; → 10 m ;
* Constructions désordonnées peu nettes mais présentes dans la tranchée qui entaille l'affleurement.

Quelques blocs épars de calcaire récifal se retrouvent également sur la rive gauche de l'Oued Tim'ardine. Ils reposent sur la série marneuse au sein de laquelle sont intercalés

Source : MNHN, Paris

d'abord des lits cinéritiques puis des niveaux peu épais et discontinus de laminites diatomitiques. GUILLEMIN (1976) signale d'autres pointements coralliens, notamment dans la partie nord-orientale.

Discussion

Les affleurements récifaux montrent en général une disposition irrégulière sur les marnes messiniennes. Pour GUILLEMIN (1976), il s'agirait de « biohermes » isolés au sein des marnes et leur développement cesserait quand le taux de sédimentation des marnes dépasse celui du récif. Or les caractéristiques mêmes de l'élaboration corallienne, la nature calcaire du remplissage intercolonial infirment l'hypothèse d'une édification intra-marneuse. On n'observe d'ailleurs à aucun moment de masses récifales réellement englobées dans les marnes ; elles sont toujours posées *sur* celles-ci. La présence dans certains affleurements, à la base des constructions, de sables riches en macrofaune et de calcarénites à *Halimeda*, suggèrent l'existence d'un haut-fond, évoluant vers une petite plate-forme à dépôts carbonatés, propice à une élaboration récifale. Cet épisode est suivi d'un changement d'environnement qui devient lagunaire puis laguno-lacustre. C'est ce que démontrent certains affleurements récifaux directement recouverts par des sables cinéritiques et des calcaires laguno-lacustres. Cet édifice, qui devait s'étendre tout autour du Taourirt Medil, a été ensuite disloqué en grande partie, des pans entiers ayant glissé sur les marnes (El Koulla) qui présentent un léger pendage vers l'Ouest. La carte géologique indique d'ailleurs de très nombreux glissements dans ce secteur.

Résumé : le phénomène récifal dans le bassin de Melilla

La sédimentation prè-récifale

Les marnes de base messiniennes

Elles font suite à des faciès détritiques de base de transgression. Elles sont principalement réparties à la périphérie de la région. Peu épaisses vers le Nord au contact avec le socle et les sédiments tortoniens, elles soulignent donc les zones plus profondes du bassin. Elles mettent en évidence, par leur position l'existence d'un haut-fond central, appuyé sur les terrains plus anciens. Elles ont livré en certains endroits des marqueurs du Messinien. Dans la région méridionale elles se sont déposées sur une grande épaisseur (plus de 100 m) dans un large golfe marin bordant à l'Est le massif du Gourougou en activité. Des intercalations cinéritiques témoignent de ces manifestations volcaniques.

Les laminites diatomitiques

Elles sont comprises dans la sédimentation marneuse messinienne. A Messadit, à 40 m de la base des marnes grises apparaissent de nombreuses passées peu épaisses (1 à 10 cm) de laminites diatomitiques à restes de poissons et figures de bioturbation, ceci sur une vingtaine de mètres. Elles sont recouvertes par des marnes sableuses à Huîtres et les épandages biodétritiques à *Halimeda* supportant les dernières lentilles récifales. Au Nord de Taourirt Medil s'interstratifient dans les marnes, des passées de laminites montrant des feuillets diatomitiques très discontinus. La dernière passée est suivie de marnes, puis de marnes sableuses à la base des corps récifaux.

La présence conjointe dans les bassins messiniens d'édifices récifaux à Madréporaires et de laminites diatomitiques a déjà été évoquée tant en Algérie (Bassin du Chélif, Murdjadjo) qu'au Maroc (Boudinar). En ce qui concerne la région de Melilla, ROUCHY (1982a) estime que ces laminites diatomitiques indiquent de manière fugitive la manifestation d'un confinement du bassin, la présence de bioturbations attestant le caractère fugace des conditions réellement stagnantes. On peut remarquer que cette formation diatomitique apparaît comme contemporaine, partiellement (Fig. 123) de l'élaboration de la plate-forme carbonatée caractérisant par ses faunes très riches et diversifiées un milieu marin bien oxygéné.

D'autres laminites diatomitiques sont connues dans le bassin voisin du Kert et ont donné lieu à des investigations biostratigraphiques et chronostratigraphiques (ARIAS *et al.*, 1976 ; BARBIERI *et al.*, 1974 ; BARBIERI *et al.*, 1976). Ces travaux permettent de bien caractériser le Messinien biostratigraphique sous les diatomites. Un niveau de cinérites daté 6,6 ± 0,5 M.a. correspondrait selon WERNLI (1987) aux apparitions à peu près synchrones de divers marqueurs.

Source : MNHN, Paris

Les calcaires de plate-forme

Dans toute la partie centrale de la presqu'île des Trois Fourches sont représentées des couches localement épaisses de sables biodétritiques, de calcaires marneux, de calcaires lumachelliques ou de calcaires á rhodolithes. Vers le Nord elles font suite à une série marno-sableuse ou marneuse peu développée. Des fréquentes intercalations cinéritiques en marquent la base. La partie sommitale se charge le plus souvent en Mélobésiées et constitue une couche qui sert de sole á l'édifice corallien. Il est á noter également l'existence d'une couche formée uniquement de tubes étroitement accolés d'Annélides ; si bien souvent ces tubes forment des accumulations importantes, des bouquets demeurés en place, et organisés en petits dômes, témoignent de la capacité de ces agglomérats à piéger le sédiment et peuvent être considérés comme des bioconstructions à part entière. Cet ensemble de faciès caractérise un milieu de plate-forme peu profonde. Sur les bordures de cette plate-forme les sédiments biodétritiques montrent un emboîtement d'écailles sigmoïdes marquant un talus bien affirmé. Les directions de plongement de ces progradations apparaissent divergentes. Elles témoignent schématiquement d'un bombement d'axe grossiérement N-S (Guillemin, 1976) à partir duquel la plate-forme s'infléchit vers le SW et le SE. A la périphérie continuent à se déposer des marnes á passées diatomitiques.

La plupart des auteurs assimilent la partie supérieure de cette formation á des calcaires périrécifaux. Le terme n'est pas adéquat. Il conviendrait alors d'adopter le terme de calcaires « subrécifaux », voire de « pararécifaux » eu égard au développement des rhodolithes. La confusion entre les termes ***pré-récifaux*** et réellement ***péri-récifaux*** (calcaires á *Halimeda*) de la sédimentation entraîne de grandes difficultés pour la reconstitution de l'agencement des divers faciés (Guillemin et Houzay, 1982 ; Benmoussa, 1982).

L'analyse faunistique presque complète de ces dépôts de plate-forme a été réalisée par Benmoussa (1982), El Hajaji (1982) et Lachkhem (1982). On trouvera dans ces travaux la liste des espèces représentées. On constate l'abondance des grands Pectinidae, des Bryozoaires en général et, parmi les Échinides, de *Clypeaster*.

Le fait récifal corallien

Organisation générale

Le complexe récifal à Madréporaires des Trois Fourches se compose principalement de deux faciés étroitement liés. Les Madréporaires, avec essentiellement le genre *Porites*, s'organisent en corps construits bien délimités formant des couches peu épaisses (vers la partie interne), des lentilles plus ou moins allongées montrant, á mesure que l'on approche des bordures, des fronts récifaux marqués. A partir de ces corps construits se déposent des brèches (au pied du front) et des sédiments biodétritiques, localement lumachelliques, riches en articles d'*Halimeda* ; ce matériel constitue des niveaux lités trés pentés contre les corps construits et s'approchant de l'horizontale en position plus éloignée. Tout cet ensemble montre un emboîtement des corps construits et des niveaux périrécifaux selon des directions divergentes, similaires á celle des formations calcaires sous-jacentes. Ainsi chacune des lentilles coralliennes repose sur les dépôts de talus du précédent. Le bord externe de l'édifice montre un tombant récifal bien marqué, visible en certains endroits (Ifounassene).

Le plongement général de l'ensemble suggére une progradation descendante (centrifuge). La valeur de la dénivelée entre les parties internes (vers le Nord) et externes (vers le SW, le Sud et le SE) de l'édifice se situe autour de 100 m. Ces faits inciteraient á considérer des fluctuations négatives du plan d'eau, obligeant les corps récifaux á un étagement vers le bas, selon la pente préexistante. La valeur de cet abaissement doit toutefois être corrigée par les effets de mouvements postérieurs amplifiant le pendage sédimentaire. On constate ainsi l'existence d'un faible pendage affectant les marnes sous-jacentes (Messadit). Commme pour le complexe récifal du Djebel Murdjadjo il semble que dans un premier temps les progradations s'effectuent sur une pente, comme en témoignent l'allongement des lentilles coralliennes et le recouvrement de certaines lentilles par d'autres constructions. Ce phénoméne s'accélére en réalité vers la périphérie : c'est lá que l'étagement est le plus manifeste. Il s'agirait donc d'abord d'un processus normal d'accrétion vers le large, accentué

Source : MNHN, Paris

ultérieurement par les effets d'une baisse du niveau de la mer, relatif (fonctionnement d'un horst) ou absolu (abaissement du plan d'eau méditerranéen).

Ce vaste complexe devait présenter des échancrures plus ou moins importantes à travers lesquelles se déversaient des éléments biodétritiques à *Halimeda* qui en tapissaient le fond et les parois (Oued Tirhârfâtine).

Les constructions coralliennes

L'ensemble de l'élaboration récifale est dû à l'activité constructrice du genre *Porites*. Les formes coloniales réalisées ne sont pas très diversifiées. On note la faible représentation des colonies lamellaires en boules (de type *Porites calabricae*). L'organisation de chaque corps construit est assez uniforme (Fig. 67). Vers la base, les colonies de *Porites* sont plutôt aplaties et dans certains cas elles soulignent même le litage des niveaux qui les englobent. La masse principale des lentilles est bâtie par un ensemble étroitement lié de colonies en bâtons formant des gerbes, à croissance verticale, et des colonies laminaires à surface ondulée constituant des « tapis » plus ou moins épais. A proximité des fronts récifaux ce sont les gerbes verticales qui dominent. Les effets d'une diagenèse active, provoquant dissolutions et recristallisations, ne permettent pas toujours de bien saisir les modalités de développement de ces ensembles coloniaux. On remarque souvent des tubes allongés, verticaux correspondant en fait à des bâtonnets allongés subdendroïdes, montrant des bourgeonnements latéraux. Cependant la récolte de colonies assez bien conservées et l'observation des affleurements de l'Oued Medouar amènent à mieux comprendre le passage des morphologies verticales à des morphologies latérales subhorizontales.

Des échantillons provenant des environs de Messadit montrent deux combinaisons de formes coloniales : des colonies en bâtons avec en leur milieu des expansions latérales plates (Fig. 122A, B) et des colonies laminaires présentant des digitations bien développées (Fig 122C).

Dans l'Oued Medouar, ainsi qu'au Taourirt Medil (Fig. 121), on constate que les deux types de croissance sont étroitement imbriqués. Les gerbes se développent à partir de « tapis », tandis qu'ultérieurement les colonies verticales émettent des expansions latérales. Le phénomène se répète latéralement et/ou verticalement. Chacune des expansions latérales montre des surfaces supérieures et inférieures ondulées, fréquemment recouvertes d'un encroûtement de Bryozoaires et de divers épibiontes (Annélides tubicoles souvent) traduisant la nécrose de la colonie. Entre deux « tapis » successifs le vide est rempli par un sédiment graveleux à pelletoïdes. L'image fournie évoque des ombrelles rappelant certaines constructions actuelles.

L'état de conservation des Coraux ne permet pas leur détermination spécifique. On peut, par comparaison, peut-être attribuer les gerbes et

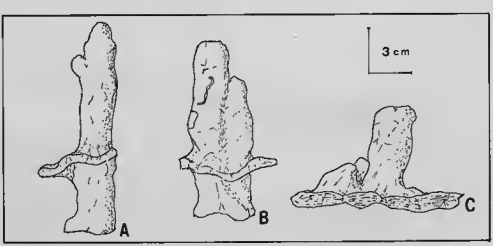


FIG. 122. — Formes coloniales de Porites.
A, B : Colonies en bâtons à expansions latérales.
C : Colonie laminaire à digitations.

Source : MNHN, Paris

expansions latérales associées á *Porites lobatosepta*. Mais certaines colonies aux lamelles plus affirmées et aux formes contournées (falaises d'Ifâshiyine) se rapprocheraient plutôt de *Porites* cf. *collegniana*. Dans les environs du Taourirt Medil, CHOUBERT *et al.* (1966) signalent *Porites* cf. *collegniana*, *Porites* sp. et *Siderastraea crenulata*, forme accessoire de ce type de récif. Les quelques échantillons de Faviidae récoltés dans le secteur de Messadit complètent l'association.

La faune récifale associée

La liste présentée (Tabl. 19) correspondant á des récoltes partielles ne saurait être entièrement représentative. Cependant les éléments de la faune d'accompagnement cités témoignent bien des caractéres du bâti avec surtout des formes épilithes tels que des Pectinidae, des Spondylidae, des Chamidae, des Haliotidae, des Cypraeidae et des Cerithidae, mais aussi Échinides réguliers (*Psammechinus*) très fréquents dans les anfractuosités. Les Bryozoaires abondent, notamment dans les sédiments périrécifaux de même que des Annélides tubicoles (Serpulidae) pouvant réaliser de petites constructions. Par ailleurs, la surface des colonies coralliennes comporte fréquemment des encroûtements de Bryozoaires et de Serpulidae.

La présence d'un échantillon attribuable au genre *Cymbium*, jusqu'ici peu cité, confirme l'identité de l'association faunistique de Melilla avec celle du Messinien récifal d'Oranie.

TABLEAU 19. — Faune associée aux constructions à *Porites* du bassin de Melilla.

BIVALVES	
Arca noae	*Ostrea* sp.
Barbatia barbata	*Diplodonta rotundata*
Anadara turonica	*Codakia decussata*
Glycymeris bimaculata	*Chama gryphoides*
Modiola adriatica	*Gastrana fragilis*
Lithophaga lithophaga	*Tellina planata*
Chlamys pusio	*Dosinia exoleta*
Acquipecten seniensis	*Venus multilamella*
Spondylus sp.	
GASTÉROPODES	
Diodora sp.	Triphoridae
Haliotis cf. *tuberculata*	*Cerithiella* cf. *exbicarinata*
Clanculus sp.	*Cypraea* sp.
Alvania sp.	cf. *Cymbium*
Thericium vulgatum	*Bulla* sp.
DIVERS	
Annélides tubicoles	Échinides : *Psammechinus* sp.
Bryozoaires	

La sédimentation post-récifale

Les calcaires stromatolithiques

Une formation comprenant des corps stromatolithiques associés à des calcaires à ooïdes, à Serpulidae et à Gastéropodes recouvre en discontinuité les constructions coralliennes, vers la périphérie de l'édifice. Elle est observable notamment au niveau des falaises d'Ifâshiyine (Fig. 117). Les stromatolithes se présentent sous forme de coupoles ou masses mamelonnées enveloppant des blocs de constructions coralliennes. On note la superposition de plusieurs corps séparés par des discontinuités. Localement s'intercalent des accumulations de petits Gastéropodes (Cerithidae) ou de tubes de Serpulidae et des couches litées à ooïdes.

Ces corps stromatolithiques sont à rapprocher de la formation à stromatolithes du Djebel

Source : MNHN, Paris

Murdjadjo qui représente l'équivalent des phases de dépôt évaporitique bien que celles-ci soient absentes dans le bassin de Melilla.

Les marnes, sables et grès

Le bord externe du complexe récifal est recouvert par des sédiments détritiques marneux ou sableux, pauvres en macrofaune (quelques Gastéropodes), montrant de nombreuses stratifications entrecroisées et des ravinements synsédimentaires. Ces caractères sont considérés par GUILLEMIN (1976) comme témoignant de l'instauration d'un régime fluvio-deltaïque. Les figures d'expulsion de fluides observées en plusieurs endroits pourraient être engendrés par la manifestation d'une activité sismique, peut-être en relation avec le fonctionnement intermittent du volcanisme du Gourougou ; des cinérites s'interstratifiant par ailleurs dans cette série.

Les calcaires terminaux

La série sédimentaire messinienne se termine par un ensemble à caractère lagunaire, constitué par des calcaires blancs, à bancs irréguliers, à faciès vermiculé ou oolitique (GUILLEMIN, 1976) qui renfermeraient des « Turritelles, des Characées et des débris d'Ostracodes ». Cependant, les Gastéropodes récoltés, abondants à la base du calcaire, ne sont certainement pas des Turritelles comme il a été signalé à tort, mais sans doute déjà des formes lagunaires ou peut-être d'eau douce.

Le Pliocène

Les sédiments attribués au Pliocène se présentent sous un faciès de marnes sableuses jaunes ou de calcaire à *Isognomon*. Vers le SW ils ravinent les marnes messiniennes sous-jacentes. L'extension du Pliocène est moindre que celle du Messinien. On peut envisager, à la suite du retrait marin partiel fini-messinien, une transgression limitée, occupant la paléotopographie bordière établie après la régression messinienne, envahissant notamment des systèmes de rias, L'âge de la limite mio-pliocène serait donné par un lambeau de coulée volcanique interstratifié entre le Messinien terminal à caractère régressif et la transgression pliocène et fixé à 5,3 M.a. (HERNANDEZ, 1983).

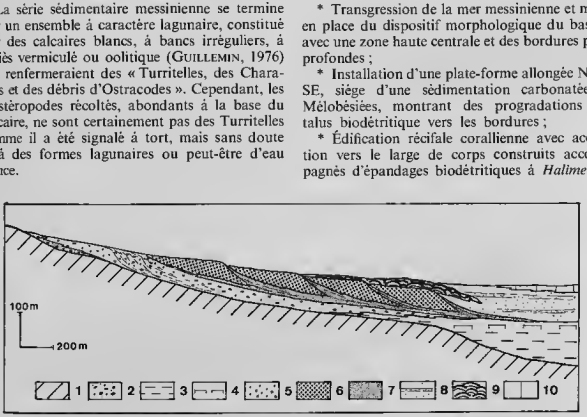
Conclusion

Le schéma d'évolution (donné Fig. 123) résume la place de l'édification récifale dans l'histoire géologique du bassin de Melilla au Messinien :

* Transgression de la mer messinienne et mise en place du dispositif morphologique du bassin avec une zone haute centrale et des bordures plus profondes ;

* Installation d'une plate-forme allongée NW-SE, siège d'une sédimentation carbonatée à Mélobésiées, montrant des progradations de talus biodétritique vers les bordures ;

* Édification récifale corallienne avec accrétion vers le large de corps construits accompagnés d'épandages biodétritiques à *Halimeda* ;



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Formations détritiques de base. 3 : Marnes vertes. 4 : Laminites diatomitiques. 5 : Calcaires de plate-forme. 6 : Corps construits coralliens. 7 : Épandages biodétritiques à *Halimeda*. 8 : Marnes et sables. 9 : Complexe stromatolithique. 10 : Calcaires à caractère laguno-lacustre.

FIG. 123. — Schéma de l'évolution de la sédimentation messinienne dans le bassin de Melilla.

Source : MNHN, Paris

* Migration des corps récifaux témoignant d'un abaissement du plan d'eau et du confinement accentué du bassin qui se manifeste par l'arrêt de l'édification corallienne et la colonisation des bords du récif par des corps stromatolithiques ;

* Instauration d'un régime fluvio-deltaïque à lagunaire ennoyant les parties périphériques basses du complexe récifal.

Si l'ensemble des faits recueillis et exposés précédemment peuvent s'inscrire dans le cadre de la dynamique messinienne, certains points de détail restent à élucider. Ainsi la valeur de l'abaissement qu'indiquerait la progradation des lentilles récifales est beaucoup plus réduite que ce qui avait été avancé précédemment, surtout si l'on tient compte des déformations tectoniques ultérieures, et serait inférieure à 100 m. D'autre part l'étude des affleurements récifaux du secteur méridional de Taourirt Medil laisserait supposer l'existence d'un autre haut-fond mis en place au terme d'une série marneuse. Enfin, il se pose ici encore le problème de l'oligospécificité des constructions coralliennes (associée par ailleurs à la rareté des Rhodophycées dans l'édifice corallien). Une remarque générale s'impose : l'élaboration récifale est ***dès le départ*** assurée uniquement par *Porites*. Cette constatation évidente servira de base au débat sur cette question traité plus loin.

Le piedmont des Kebdana

Présentation

Situé au SW de Nador, le chaînon des Kebdana forme un relief bien individualisé, orienté SW-NE (Fig. 108). L'Oued Moulouya le borde vers l'Est et le SE. Vers l'Ouest, il est prolongé par le massif des Ziata et Hamza et Naach. En direction du Nord, le massif des Kebdana domine la côte méditerranéenne.

Recouverts par une épaisse formation quaternaire, les affleurements de calcaires récifaux coralliens n'apparaissent en général qu'à la faveur d'entailles étroites creusées par les oueds qui dévalent du massif pour aller se jeter dans la mer, plus au Nord, ou dans la Moulouya vers l'Est ; ils se répartissent selon trois ensembles distincts (Fig. 108) :

* Le secteur occidental (autour de Charouit) : les détails donnés sur ce secteur non visité sont tirés des études de Guillemin (1976) et de Rouchy (1982a) ;

* Le secteur central (á partir d'Iberkanene) : les caractéristiques du fait récifal seront établis dans leurs grandes lignes á partir d'observations qui complètent celles des deux auteurs précités ;

* Le secteur oriental : les données fournies sont tirées d'une étude de Barathon (1980).

La présence de terrains néogénes autour des Kebdana est signalée par Gentil (1910b) qui leur assigne même un âge « sahélien » (c'est-á-dire Miocène terminal) et entrevoit leur prolongation dans la dépression qui sépare les Kebdana des Beni Snassen situés plus au Sud. Lizaur *et al.* (1951), puis Fallot *et al.* (1952) assignent á la transgression « post-nappe » un âge vindobonien ; des marnes vertes tortoniennes (légérement discordantes) termineraient la série légérement déformée par la suite. Une brève indication sur la faune corallienne est donnée par Choubert (1962) et Chevalier (1962) á propos d'un gisement renfermant *Siderastraea crenulata* dans une formation assimilée à celle des « Marnes bleues » du Tortonien.

Des travaux plus précis mettent en évidence une frange corallienne sur le piedmont des Kebdana, ainsi que la superposition des deux cycles tortonien et messinien séparés par une discordance (Guillemin, 1976 ; Guillemin & Rampnoux, 1975 ; Guillemin & Houzay, 1982). Rouchy (1982a) évoque brièvement les récifs des Kebdana et en donne quelques coupes. Barathon (1980) s'intéresse au secteur sud-oriental et retrouve les mêmes formations á Madréporaires. Ait Brahim (1986) déduit de l'analyse des déformations de la série néogéne la mise en place d'une phase tectonique fini-messinienne.

Le secteur occidental

Le cycle messinien

Le cycle messinien est bien caractérisé autour de la route d'Oujda où de nombreuses coupes ont été levées. Selon Guillemin (1975) la série, qui repose en discordance angulaire nette sur les marnes vertes du Tortonien, comprend les termes suivants :

* Conglomérat de base, ravinant les marnes sous-jacentes, renfermant des Ostreidae, des Bivalves lithophages, des Balanes et des *Clypeaster* (2-3 m) ;

Source : MNHN, Paris

* Ensemble cinéritique à passées sableuses irrégulières (30 m) ;
* Alternance de marnes vertes et grès fins (15-20 m).

Latéralement, sur le substratum même des Kebdana, c'est-à-dire vers l'Est, l'épaisseur des cinérites diminue, les bancs supérieurs gréseux se terminent en biseau sur le socle et un système de frange récifale à Madréporaires se met en place. Cet épisode construit correspondrait donc aux niveaux détritiques les plus élevés de la série décrite plus haut. Les microfaunes recueillies, notamment sous les cinérites, indiquent le Messinien (zone à *Globorotalia mediterranea*). Le sondage de Kariat Arekmam, implanté à l'extrémité SE de la Sebkha Bou Areg, montre en direction du bassin, vers le Nord, une série marneuse à cinérites caractérisant dès la base le Messinien (WERNLI, 1980) et surmontée de marnes grises chargées en matériel détritique fin à intercalations de bancs de grès fins. On notera donc, en relation avec les faciès littoraux, la permanence d'apports détritiques dans la sédimentation.

Les constructions coralliennes

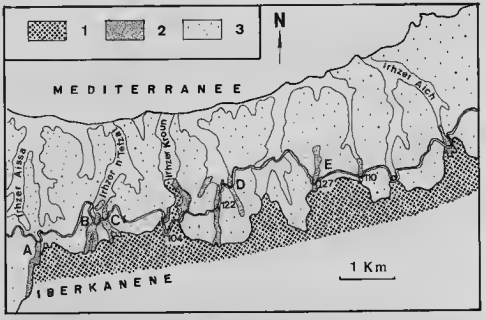
Les affleurements récifaux sont localisés dans le secteur de Charouit. A Tijjout la masse construite (5 à 10 m d'épaisseur) repose sur une série marno-sableuse à passées détritiques grossières, conglomératique à la base. Plus à l'Est, au niveau d'Aaziza, les constructions coralliennes apparaissent perturbées par la sédimentation détritique et constituent plusieurs lentilles intercalées dans des grès et des conglomérats. Selon ROUCHY (1982a), certains niveaux comportent des blocs récifaux éboulés ou remaniés. L'ensemble est surmonté de sables et grès à graviers qui ennoyent les corps coralliens.

Au plan paléontologique, on remarque l'abondance des Pectinidae dans les bancs supérieurs de grès, latéraux aux récifs. C'est dans ce secteur que CHEVALIER (1962) signale *Siderastraea crenulata* comme la seule espèce reconnue. En réalité la faune récifale est un peu plus riche et surtout représentée par des Faviidae et des Poritidae.

Le secteur central

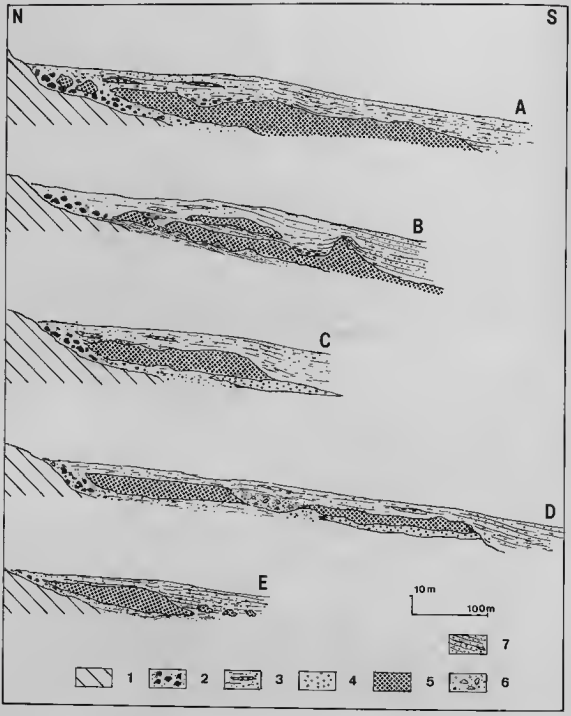
Les affleurements

Les dépôts messiniens affleurent au contact avec le socle des Kebdana à la faveur de l'entaille d'oueds assez encaissés qui permettent de découvrir le Miocène sous le recouvrement quaternaire. La route qui longe tout le rebord septentrional du



1 : Substratum des Kebdana. 2 : Dépôts messiniens. 3 : Recouvrement quaternaire.
FIG. 124. — Le Messinien dans le secteur central des Kebdana (d'après Guillemin, 1976).

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum des Kebdana 2 : Brèche à éléments anguleux du socle.
3 : Grès, marnes sableuses à intercalations conglomératiques. 4 : Niveaux à Melobésiées.
5 : Constructions coralliennes. 6 Marnes sableuses à *Panopea* et *Clypeaster*. 7 : Sables et grès jaunes liés.

FIG. 125. — Profils récifaux du Messinien des Kebdana dans le secteur central (échelle approximative) (situation des profils Fig. 124).

Source : MNHN, Paris

massif recoupe ces oueds fort opportunément au niveau du récif. On peut suivre ainsi d'Ouest en Est une frange récifale continue, depuis l'Irhzer Aïssa jusqu'à l'Irhzer Aich (Fig. 124).

En général on observe les faciès suivants (depuis le substratum et de bas en haut) :

* Des brèches grossières à éléments de socle et correspondant à des dépôts de bas de talus (GUILLEMIN, 1976) ;

* Un ensemble de grés et marnes sableuses, plus ou moins grossiers, parfois bien stratifiés, à passées conglomératiques ;

* Le système récifal à Madréporaires, perturbé par des apports détritiques intermittents ;

* Des sables et grés jaunes bien lités, à lits de galets intercalés, débordant et ennoyant latéralement les constructions.

L'ensemble présente un pendage constant vers le Nord de 10° à 30° ; selon AIT BRAHIM (1986).

Morphologies des constructions coralliennes

Les principales caractéristiques de l'édification récifale dans ce secteur peuvent se dégager de l'examen de plusieurs profils établis, de manière très schématique, selon des coupes N-S sensiblement parallèles.

Les constructions coralliennes apparaissent entièrement englobées dans une sédimentation détritique. Elles se présentent en général sous forme de lentilles allongées (d'extension hectométrique) à surface inférieure souvent irrégulière. Plusieurs cas peuvent se présenter :

* La lentille corallienne est continue (Fig. 125A, C) ; son bord externe est marqué nettement ou non par un front récifal ; lorsque le front récifal s'affirme, les sédiments sableux qui ennoyent le récif en épousent la forme et marquent un infléchissement à son niveau ; la surface supérieure en est le plus souvent ondulée, avec des dépôts plus grossiers dans les dépressions ;

* La masse récifale est perturbée par des apports détritiques ; dans ce cas, l'édification est nettement interrompue par des grés, marnes ou conglomérats (Fig. 126) ; quelques épisodes (2 ou 3) de construction peuvent ainsi se succéder (Fig. 125B) ;

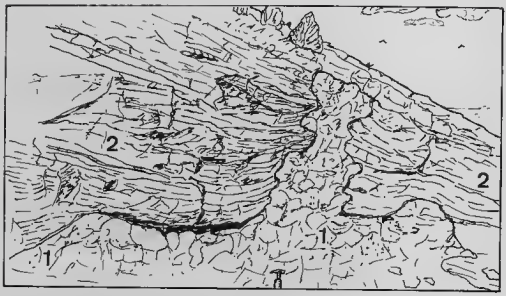
* La lentille construite présente une surface supérieure plane (Fig. 125D) ; cela traduit sans doute une élaboration récifale proche de la surface marine avec constitution d'un platier aplani par l'action arasante des vagues ;

* Les lentilles construites sont décalées et ménagent une zone déprimée dans laquelle s'établit une sédimentation plus calme ; il s'agit d'une sorte de « mare » interne, protégée, où se développe une faune typique des milieux sableux, et notamment des Échinides (*Clypeaster*) et surtout des Bivalves (*Panopea menardi*) préservés en

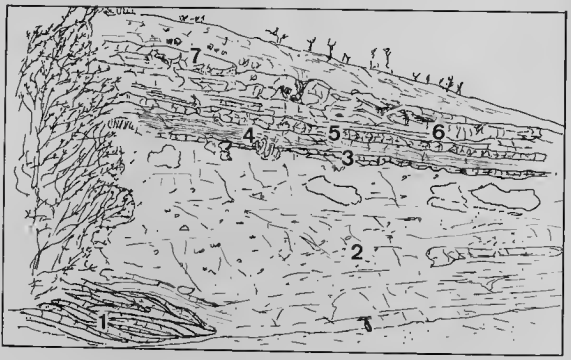
1 : Construction à *Porites* lamellaire et *Tarbellastraea*. 2 : Conglomerat à matrice gréso-argileuse.

FIG. 126. — Interruption de l'édification récifale marquée par des apports détritiques grossiers.

Source : MNHN, Paris

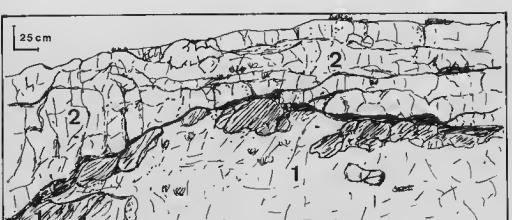


1 : Masse construite corallienne et pinacle. 2 : Grès et sables lités.
FIG. 127. — Pinacle récifal ennoyé par des sédiments détritiques (échelle : marteau à la base).



1 : Grès à figures de glissement. 2 : Grès et sables.
3 : Niveau à Mélobésiées et Bryozoaires riche en macrofaune (*Clypeaster*, *Ostrea*...).
4 : Grès à Algues. 5 : Constructions coralliennes. 6 : Grès à graviers. 7 : Grès très bioturbés.
FIG. 128. — Sédimentation en aval du substratum des Kebdana à l'Irhzer Aich (échelle : marteau à la base).

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum schisteux des Kebdana. 2 : Constructions coralliennes.

FIG. 129. — Installation récifale sur le substratum des Kebdana à l'Irhzer Aich.

position de vie ; les bioturbations de surface (pistes) y sont fréquentes ;

* La masse construite principale est prolongée, en position plus distale, par des petites constructions, formant des gerbes complètement ennoyées par les sables et les grès lités (Fig. 125E) ;

* Dans quelques cas (Fig. 125B, Fig. 127), la masse construite présente des expansions verticales spectaculaires ; cette croissance vers le haut est contrariée par des apports détritiques permanents qui viennent buter contre ces « pinacles » et finissent par les déborder ;

* A l'extrémité orientale du secteur, au niveau de l'Irhzer Aich, les Coraux se développent en amont sur le substratum formé de schistes plissés et en aval sur une série gréseuse à intercalations de calcaires à rhodolithes. Cette disposition met en évidence les modalités de la transgression qui gagne un relief relativement abrupt, sans doute une petite falaise. Au pied de cette falaise se déposent des sédiments détritiques, montrant vers le substratum des figures très nettes de glissement (Fig. 128). La mase des dépôts parvient à effacer le relief ; des Mélobésiées en stabilisant le fond créent des conditions propices à une implantation corallienne, malgré tout très réduite, débordée par des nouveaux apports détritiques. Cependant vers l'arrière, les Madréporaires se sont établis directement sur un paléorelief moins accentué (Fig. 129).

La colonisation récifale

Dans la majeure partie du secteur étudié, les Madréporaires s'installent sur les sédiments détritiques selon plusieurs modalités :

* Quelques colonies massives tentent de s'implanter sur la brèche de bas de talus qui borde le substratum en se servant comme support de gros blocs anguleux ; ces constructions ne sont jamais conséquentes ;

* Les constructions s'établissent sur un support gréseux et conglomératique ; les récifs semblent mouler par endroits une paléosurface très irrégulière, constituée de grès, plaquetés dans certains cas ; lorsque le sédiment de base est assez meuble, le poids des constructions peut entraîner des figures de charge et la masse corallienne, ainsi destabilisée sur son support, se disloque alors localement ;

* Vers l'extérieur la sédimentation détritique de base est intercalée de niveaux algaires à rhodolithes et macrofaune très riche (*Pecten, Isognomon, Clypeaster...*) qui peuvent supporter directement les colonies de Madréporaires (Fig. 125C, D).

La colonisation est généralement assurée par des colonies, souvent colonnaires, de *Tarbellastraea*, avec accessoirement des colonies de *Porites* lamellaire.

Source : MNHN, Paris

Les Madréporaires

Le genre *Tarbellastraea* constitue le principal constructeur. Il est souvent accompagné de *Porites* lamellaire (cf. *Porites calabricae*). De manière plus accessoire se rencontrent des colonies de *Porites* aff. *lobatosepta*, de *Paleoplesiastraea* sp., de *Favites* sp. et de *Siderastraea crenulata*.

Les différentes espèces coralliennes présentent une certaine uniformité dans les morphologies coloniales réalisées, si bien qu'il n'est pas toujours facile de les distinguer sans examen rapproché. Les colonies de *Tarbellastraea* et de *Porites* lamellaire constituent des ensembles où se cotoyent différentes formes. Il s'agit souvent de colonies en colonnes plus ou moins coalescentes, plus ou moins différenciées. Ainsi selon les cas la construction qui en résulte présentera un aspect compact (Fig. 126) ou sera constituée de gerbes variables, verticales ou plus évasées (Fig. 130), selon l'importance des apports détritiques fins. Parfois la construction est plus désordonnée, souvent aussi plus dense. Les colonies se mêlent étroitement et poussent dans différentes directions donnant une impression d'enchevêtrement. Les gerbes les plus imposantes sont développées vers la partie externe du récif.

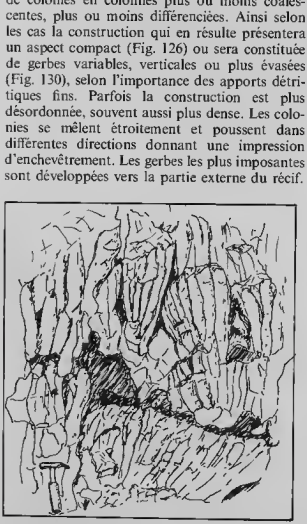


Fig. 130. — Gerbes de colonies de *Tarbellastraea* (échelle : marteau).

La faune associée

Faute d'un échantillonnage systématique, les indications sur la faune associée aux récifs des Kebdana restent fragmentaires. Ce sont les niveaux détritiques à intercalations algaires qui renferment les associations les plus riches. Guillemin (1976) y signale l'abondance des Échinides (*Clypeaster* ex. gr. *scillae*, *Clypeaster reidii*, *Schizechinus* cf. *duciei*, *Echinolampas* aff. *hemisphaerica*) ; ils sont habituellement accompagnés de quelques Bivalves (grands Pectinidae, *Isognomon maxillatus*). Dans les constructions on trouve surtout des Bivalves (*Chlamys seniensis*, *Ostrea lamellosa*, *Hyotissa hyotis*...). Dans les poches de remplissage à sédimentation plus calme, outre des exemplaires de *Clypeaster*, dominent des Bivalves fouisseurs comme *Panopea menardi* en position de vie dans le sédiment, *Cardita vindobonensis* et *Cardium* sp. Les rares Gastéropodes récoltés appartiennent au genre *Conus*.

Les sables péri-récifaux renferment essentiellement des microfaunes benthiques (*Ammonia*, *Elphidium*). On y observe également des oogones de Characées indiquant des apports d'origine continentale.

Le secteur oriental

Les coupes décrites par Barathon (1980) présentent des caractères similaires à celles du rebord septentrional des Kebdana. A la base de la série messinienne on peut observer une formation bréchique à gros blocs de socle et correspondant vraisemblablement à un éboulement de falaise. Les sédiments sont ensuite sablo-gréseux à passées de graviers. Vers le sommet on trouve des bancs de calcaire organo-détritique riches en huîtres et en Échinides, et comportant des Coraux. Cette dernière formation a une puissance de l'ordre de 4 m.

Ces dépôts que Barathon assimile au Messinien par analogie de situation et de faciès, se répartissent le long de la chaîne des Kebdana, parallélement au cours de la Moulouya.

Conclusion

La transgression du Messinien a gagné un relief bien différencié constitué par le massif des Kebdana. Alors que les bordures sont comblées

Source : MNHN, Paris

d'une sédimentation détritique active, une frange récifale s'installe tout autour du paléorelief. Il s'agit d'une bande étroite hectométrique où les constructions s'élaborent de manière plus ou moins discontinue. De fortes décharges détritiques viennent en effet contrarier l'édification et en conditionnent le développement. En général les constructions sont très denses et présentent le plus souvent un mode de croissance vertical. L'ensemble est ennoyé par des sables et grès présentant un pendage net vers le Nord. Selon GUILLEMIN (1976), il s'agit d'un pendage de nature sédimentaire, initié par la subsidence affectant le bassin en position plus distale. Cependant certains auteurs (LIZAUR *et al.*, 1951 ; BARATHON, 1980 ; AIT BRAHIM, 1986) y voient la manifestation de mouvements fini-messiniens (une phase de compression) qui pourraient être à l'origine du retrait de la mer messinienne dans ce secteur. Il est sûr que ce pendage s'affirme souvent au niveau de la rupture de pente que constitue le bord récifal. Le pendage sédimentaire a-t-il été accentué par des déformations ultérieures ? On note l'absence dans cette zone de Pliocène bien caractérisé.

La corrélation avec le complexe récifal de Melilla s'avère délicate à établir. Dans les deux cas on note vers la partie inférieure de la série des intercalations cinéritiques, la zone à *Globorotalia conomiozea* étant déjà atteinte à ce niveau. L'environnement est cependant très différent. Alors qu'à Melilla les récifs coralliens s'établissent sur une plate-forme bien circonscrite, tout à fait propice, les Kebdana constituent un relief bien marqué aux rebords assez abrupts ; dans ces conditions ce sont les apports détritiques qui règlent le jeu de la construction.

LE SILLON SUD-RIFAIN

PRÉSENTATION

Le cadre géographique

L'appellation de sillon sud-rifain (ou couloir, ou détroit) désigne une dépression très allongée, selon un axe sensiblement E-W, qui s'étend entre l'Atlantique (bassin du Rharb) et la plaine d'Oujda à l'Est (Fig. 107). Le sillon sud-rifain, enserré entre le domaine rifain et le Moyen Atlas, montre un net rétrécissement au niveau de Taza.

Les études géologiques réalisées

Le sillon sud-rifain : formation et stratigraphie

Le sillon sud-rifain a inspiré de très nombreux travaux dont CIRAC (1987) a dressé un historique assez complet auquel on pourra se reporter. Il sera plutôt analysé ici l'apport des divers auteurs à la connaissance du Miocène supérieur et ses implications paléogéographiques, en privilégiant l'importance des données récentes.

Ce sont les observations de GENTIL qui, au début du siècle, ont constitué les premiers apports sur l'histoire néogène du sillon sud-rifain, grâce à un certain nombre de notes (GENTIL, 1910a, 1911a, b, c ; 1912a, b ; 1918a, b, c ; GENTIL *et al.*, 1918). Le sillon sud-rifain se serait ouvert vers le début du Miocène, permettant une libre communication entre l'Atlantique et la Méditerranée ; il aurait été comblé par la suite par des argiles correspondant à l'Helvétien et peut-être une partie du Tortonien ; ces argiles seraient surmontées de sédiments détritiques et néritiques correspondant à un Tortonien élevé ; les dépôts ultérieurs du « Sahélien » apparaîtraient autour du bassin du Rharb, ce qui signifie que les communications atlantico-méditerranéennes auraient cessé avant le Miocène terminal. Pour LECOINTRE (1919) les formations de base du Néogène qui transgressent sur le Moyen Atlas, aux alentours de Taza, appartiendraient au Burdigalien. Ces bases de datation des dépôts miocènes seront reprises par un certain nombre d'auteurs, d'aucuns préférant utiliser souvent le terme de Vindobonien, beaucoup moins précis (BOURCART, 1932a, b ; LÉVY, 1938 ; TERMIER, 1936 ; DARDENNE, 1954).

Dans la plupart des études ultérieures les subdivisions du Miocène seront quelque peu

Source : MNHN, Paris

modifiées selon un schéma qui servira longtemps de référence. CHOUBERT (1945) décrit la succession suivante dans la région de Meknès et Fès : conglomérats et calcaires à Hétérostégines attribués à l'Helvétien, marnes bleues tortoniennes, grés pontiens. Le terme de « mollasse » ou « molasse » sera employé fréquemment pour désigner les termes considérés comme constituant la base des marnes bleues (TALTASSE, 1953 ; LORENCHET de MONTJAMONT, 1963a, b). Les niveaux sableux qui coiffent le sommet des marnes bleues, notamment dans la région de Fès, sont qualifiés de « faciès sahélien » (LÉVY & TILLOY, 1952 ; TILLOY, 1955). CHOUBERT (1962), puis CHOUBERT *et al.* (1964) précisent de nouveau l'évolution de la sédimentation miocène en rajeunissant les « mollasses de base » datées Tortonien inférieur et en attribuant au Pliocène inférieur l'ensemble des sables supérieurs qui s'étalent du Rharb jusqu'à Fès. L'utilisation des Foraminifères planctoniques comme marqueurs de zones va permettre d'affiner la stratigraphie précédemment établie. La première conséquence sera de considérer comme miocène très supérieur une bonne partie des dépôts du sillon sud-rifain. Le terme de Messinien (au sens large) commence à être utilisé pour désigner les termes les plus élevés (FEINBERG & LORENZ, 1970 ; WERNLI, 1979, 1980). Ainsi le mouvement transgressif qui gagne sur l'arrière pays serait tortono-messinien.

Dans une période plus récente un certain nombre d'études locales apportent une meilleure connaissance des milieux de sédimentation et de l'évolution tectonique caractérisant le sillon. Dans la partie la plus occidentale (CARBONEL *et al.*, 1981 ; DUCASSE & CIRAC, 1981 ; CIRAC & PEYPOUQUET, 1983 ; MOREAU *et al.*, 1985/1986 ; CIRAC, 1987), il est mis en évidence les modalités du passage mio-pliocène qui seraient étroitement liées à la fermeture des communications entre l'Atlantique et la Méditerranée au niveau du col de Touhar, près de Taza. Le problème de cette fermeture avait déjà attiré l'attention de GENTIL (1916). Les travaux de LEBLANC (1979) et ROBILLARD (1981) confirment la présence d'un Miocène terminal, voire du Messinien dans ce secteur clé et soulignent que des communications ont pu cependant s'établir plus au Sud, sur la bordure méridionale de Taza comme l'avaient pensé COLO et MORIN (1952). L'extension du Miocène terminal sur le Moyen Atlas a été précisée par les travaux de LAOUINA (1973), MARTIN (1981), CHARRIÈRE & WERNLI (1984), CHARRIÈRE (1984) ; la présence de formations coralliennes y est souvent évoquée. Dans la partie orientale du sillon nous ne disposons que de peu de données nouvelles. COLETTA & RAMPNOUX (1975) ainsi que ROUCHY (1982a) décrivent dans le bassin de Guercif le passage au Miocène supérieur d'un milieu marin à un milieu lagunaire. Enfin un grand nombre de coupes levées dans tout le sillon sud-rifain par WERNLI (1987) ont pu fournir à cet auteur un échantillonnage abondant qui montrent la présence d'un Miocène terminal (Messinien au sens large) transgressif représenté par plusieurs faciés dont celui des marnes, très largement répandu, et celui des « mollasses » renfermant par endroits des constructions coralliennes.

Il est difficile d'éviter d'évoquer, à propos du mio-pliocène, la polémique qui a opposé de nombreux auteurs sur l'âge des sédiments de la célèbre coupe de Dar Bel Hamri, certains y voyant du Sahélien surmonté de Pliocène (DEPÉRET & GENTIL, 1917 ; CHAVAN, 1952 ; TALTASSE, 1953 ; LORENCHET de MONTJAMONT, 1964), d'autres seulement du Pliocène (LECOINTRE, 1916 ; LECOINTRE & ROGER, 1943 ; ROGER, 1943 ; LECOINTRE, 1952). En fait les déterminations de microfaune semblent bien prouver l'âge pliocène d'une grande partie du gisement. Cela n'est pas sans conséquence pour apprécier l'évolution paléogéographique de la région.

Les formations à Madréporaires

La présence de Coraux récifaux dans les formations miocénes a été signalée par divers auteurs, comme on l'a vu, mais sans en fournir de descriptions. CHEVALIER (1961) cite un certain nombre de Madréporaires provenant du Maroc et leur attribue un âge vindobonien. Ces premières données seront complétées par un travail beaucoup plus détaillé (CHEVALIER, 1962) où un grand nombre de gisements sont inventoriés et assimilés, pour la plupart, aux « mollasses de base » attribuées dans cet ouvrage au Tortonien inférieur. Comme il a été dit en introduction, plusieurs modifications seraient à apporter concernant les associations coralliennes rencontrées, certaines déterminations, la position stratigraphique et les conclusions. Ainsi il est affirmé que de « véritables récifs à Polypiers » ne sont guère connus, ce qu'infirmera la présente étude.

Source : MNHN, Paris

La confusion entretenue par l'utilisation systématique du terme de « mollasse », pour désigner en fait des formations aussi bien détritiques que calcaires, voire coralliennes, constitue une gêne sérieuse pour bien situer le phénomène récifal. Généralement on a considéré ces faciés comme constituant la base de la sédimentation du Miocène supérieur, et plus particulièrement des marnes bleues surtout développées vers le centre du sillon. La mise en évidence d'une transgression généralisée, date au moins du Tortonien supérieur, et dont les récifs coralliens constituent un des épisodes, a changé les données du problème. Certains auteurs évoquent d'ailleurs plusieurs niveaux de transgression différés (MARTIN, 1981 ; CHARRIÈRE, 1984). On peut cependant, dés maintenant, situer sans contestation le développement des constructions coralliennes dans une fourchette de temps comprenant un Tortonien trés supérieur et une partie du Messinien.

Plan de l'étude

L'inventaire des affleurements á caractére récifal proposé, établi á partir des données bibliographiques et des observations de terrains, constitue un complément à l'ouvrage de CHEVALIER (1962). Compte tenu de l'extrême étendue de la répartition des formations coralliennes dans le sillon sud-rifain et plus exactement dans sa partie méridionale, sur le Moyen Atlas, il n'a pas été toujours possible d'en réaliser un examen approfondi, ni d'en inventorier complétement le contenu paléontologique.

Plusieurs secteurs du sillon sud-rifain ont été délimités, de manière peut-être un peu arbitraire, pour faciliter cette revue du phénoméne récifal miocéne qui se manifeste depuis Meknés, aux portes de l'Atlantique, jusqu'á Oujda pour se prolonger au-delá de la frontiére algéro-marocaine. Pour chaque secteur le point sera fait sur la position stratigraphique des formations récifales et sur leur importance paléogéographique, négligée jusqu'á présent.

La région de Meknés

Introduction

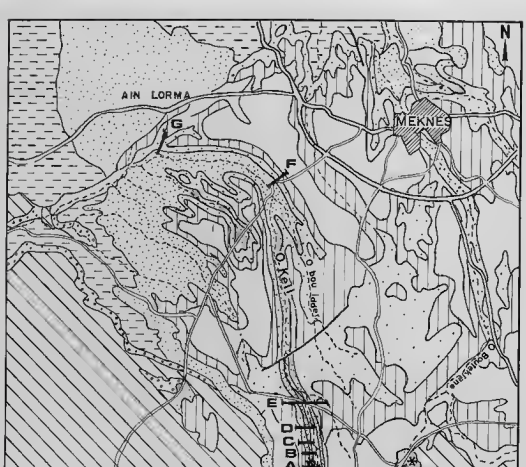
Le secteur considéré représente la partie orientale du bassin du Sais limitée, au Nord par les rides sud-rifaines et le domaine pré-rifain, au Sud par la bordure orientale de la Meseta centrale et le Moyen Atlas. L'essentiel des observations concerne une zone définie autour du cours de l'Oued Kell, à son débouché sur le bassin du Sais (Fig. 131).

MARTIN (1981) est le seul á signaler la présence de Coraux le long de l'Oued Kell, vers Agouraï. Il donne plusieurs coupes montrant la succession des divers niveaux. Il considére deux « molasses », l'une tortonienne vers le Nord et l'autre messinienne, d'extension plus méridionale. Il s'agirait donc de deux mouvements transgressifs sur l'arriére-pays, la mer messinienne s'avançant plus vers le Sud. Cette derniére aurait déposé vers le bassin d'épaisses couches de grés et marnes sableuses, alors que vers le Sud des apports continentaux se mêlent aux formations marines représentées par des masses de calcaire á Madréporaires. L'épisode suivant, consécutif au retrait de la mer, se caractérise par l'épandage des sables fauves puis l'installation d'un régime lacustre.

CIRAC (1987) a effectué une étude sédimentologique précise dans le Sais de Meknés, plus spécialement dans la partie centrale du bassin oú il distingue deux séquences. La premiére se compose de marnes grises surmontées en continuité par des sables à matrice carbonatée, renfermant des coquilles de Bivalves (Pectinidae, Ostreidae) et les sables fauves. La deuxiéme séquence correspond á la formation lacustre. Le passage du Miocéne au Pliocéne se ferait au sein des sables á matrice carbonatée. L'évolution de la sédimentation traduirait une diminution progressive de la tranche d'eau et une augmentation corrélative de l'énergie, á mettre en relation avec une régression marine amorcée vers l'Est et consécutive á un comblement du bassin par progradation de ses marges. Dans ce schéma, il y a donc continuité de sédimentation entre le Miocéne et le Pliocéne et un retrait progressif, d'Est en Ouest du domaine marin. Par contre l'évolution latérale et les correspondances de faciés avec ceux de la bordure du Moyen Atlas ne sont pas vraiment envisagés.

Les sables supérieurs sont attribués au Pliocéne par CHOUBERT *et al.* (1964). Pour WERNLI (1986), au niveau d'Ain Lorma (Fig. 131, 132), les marnes grises franchement messiniennes (m6b) sont surmontées en continuité par des silts jaune clair pliocénes ; la limite mio-pliocéne se situerait donc vers le sommet des marnes grises.

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum anté-néogène. 2 : Formation détritique de base (« Mollasse »). 3 : Marnes bleues.
4 : Marnes sableuses, sables du Miocène terminal. 5 : Sables jaunes et sables fauves (pliocènes pour partie ?)
6 : Formation des calcaires lacustres du Saïs. 7 : Quaternaire.
A : Ain Agourar. B : Ain Tadjermoud. C : Ain Ito Addou. D : Ferme pt 773.
E : Sidi Ahmed. F : Sidi A.E.K bou Grinat. G : Moulay Idriss.

FIG. 131. — Carte géologique simplifiée de la région de Meknès (vallée de l'Oued Kell).

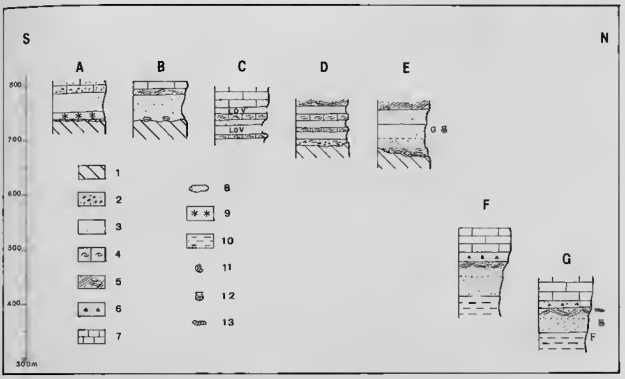
De par sa position très occidentale, en regard de l'Atlantique, la région qui encadre la vallée de l'Oued Kell méritait qu'on s'y arrête et qu'on définisse les rapports entre l'épisode récifal et la sédimentation mio-pliocène. Plusieurs coupes indicatives ont donc été levées, complétant celles des auteurs précités, depuis le substratum anté-néogène jusque vers le centre du bassin (Fig. 132), afin d'élaborer un schéma de répartition des divers faciès reconnaissables.

Les affleurements coralliens

Répartition

Les affleurements récifaux à Madréporaires les plus conséquents apparaissent sur les flancs de la vallée de l'Oued Kell, au niveau d'Ain Agourar et Ain el Bergoug (Fig. 131A et Fig. 132A). Il s'agit d'un banc épais de 5 m reposant sur le

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum. 2 : Conglomérats. 3 : Sables. 4 : Sables calcaires lumachelliques. 5 : Sables et grès à stratifications obliques. 6 : Sables fauves. 7 : Calcaires lacustres. 8 : Colonies isolées de Madréporaires. 9 : Constructions coralliennes. 10 : Marnes grises. 11 : Hétérostégines 12 : *Pecten*. 13 : Huîtres. F : Niveau fossilifère.

FIG. 132. — Coupes le long de l'Oued Kell (emplacement des coupes Fig. 131).

substratum paléozoïque par l'intermédiaire d'un niveau de base conglomératique. Il est surmonté sur la rive gauche par des sables, en général masqués. La coupe se termine par des calcaires lacustres chargés en éléments conglomératiques.

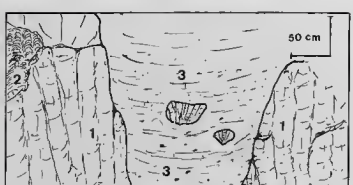
Plus en aval, quelques constructions isolées apparaissent à la base d'une série marno-sableuse. Il s'agit de colonies peu évidentes de *Porites* (Fig. 131B et Fig. 132B) ou de masses basculées à *Porites* et *Tarbellastraea* (?) (Fig. 131E et Fig. 132E), en général noyées dans des grès.

Les caractéristiques des constructions coralliennes

Une grande partie des constructions est assurée par des colonies cylindriques de *Tarbellastraea*, formant des colonnes épaisses (jusqu'à 20 cm de diamètre), jointives et parfois des petites calottes superposées. L'ensemble constitue une masse compacte qui se développe sur une épaisseur ne dépassant pas 10 m. Il s'agit en fait d'un banc dont l'extension est d'ordre hectométrique vers l'aval où il disparaît. Des colonies massives de *Porites* lamellaire à colonnettes coalescentes contribuent également à l'édification (Fig. 133). Accessoirement on trouve des exemplaires de colonies, assez mal conservées, sans doute attribuables à des Madréporaires du genre *Acanthastrea*.

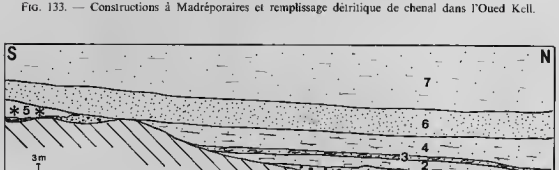
Un conglomérat à galets de socle sert de base à l'implantation récifale. Cependant plusieurs venues détritiques, chargées de galets, perturbent la croissance corallienne. Entre les constructions, des passages étroits constituent des chenaux transversaux dans lesquels se dépose un matériel détritique et où se développent isolément des colonies de Madréporaires (Fig. 133). L'instabilité et la forte énergie du milieu se traduit également par le basculement assez fréquent de masses coloniales.

Source : MNHN, Paris



0 : Conglomérat à éléments de socle. 1 : Constructions en colonnes à *Tarbellastraea*.
2 : Colonies de *Porites* lamellaire. 3 : Grès à graviers.

FIG. 133. — Constructions à Madréporaires et remplissage détritique de chenal dans l'Oued Kell.



0 : Substratum paléozoïque. 1 : Conglomérats. 2 : Marnes sableuses. 3 : Lumachelle. 4 : Marnes sableuses
5 : Constructions coralliennes. 6 : Barre gréseuse. 7 : Sables gris.

FIG. 134. — Récif et sédimentation environnante dans l'Oued Kell.

Les constructions coralliennes et la sédimentation

Ainsi que l'avait noté MARTIN (1981), les dépôts détritiques de base sont hétérochrones. La transgression qui gagne l'arrière-pays laisse plusieurs niveaux qui s'étagent et butent sur le paléorelief paléozoïque. Des tentatives d'installation récifale en marquent les étapes. Ceci est particulièrement visible dans la coupe de Sidi Ahmed (Fig. 131E et Fig. 132E). A la base, sur les schistes redressés, se déposent des sables à gros éléments de socle, localement chargés en Mélobésiées et médiocres colonies de *Porites*. Quelques blocs coralliens, manifestement déplacés, montrent des colonies massives de *Tarbellastraea*. Cet ensemble est noyé dans un sédiment gréseux, s'affinant vers le haut, et renfermant une belle faune de milieux sableux (notamment *Cardium* sp. et surtout *Pholadomya* sp. en position de vie). Les articles de Crustacés Décapodes y abondent. Progressivement ces sables s'appauvrissent en macrofaune, ne renfermant que des Pectinidae' et présentant des poches d'accumulation d'Hétérostégines. Vers le sommet, les sables prennent une teinte jaune et semblent dépourvus de macrofaune. La série se termine sur des sables à matrice calcaire et stratifications chenalisées.

Plus en amont, sur la rive droite, on peut observer que l'épaisseur des dépôts se réduit, sous les niveaux de calcaire lacustre qui constituent un repère constant. La Fig. 134 montre l'influence de la topographie sur la sédimentation. Plusieurs niveaux détritiques consécutifs, riches en organismes fouisseurs (notamment *Tel-*

Source : MNHN, Paris

lina planata) se terminent en biseau sur le substratum. On peut imaginer qu'il s'agit là de plages successives, l'édification corallienne correspondant à un épisode légèrement postérieur, lorsque la mer gagne plus largement l'intérieur. Ces constructions sont relayées verticalement et latéralement par une barre de grés, très visible en topographie. Des sables gris, peu fossilifères (10 à 15 m de puissance) terminent la série.

Ainsi la période d'édification corallienne principale correspond à un stade assez tardif de la transgression, lors d'une stabilisation provisoire du plan d'eau ; elle est suivie par une phase d'épandage détritique généralisée dont les produits ennoient les constructions.

La faune associée aux constructions

Les constructions coralliennes sont abondamment taraudées par des Bivalves lithophages qui atteignent souvent une grande dimension. Il s'agit surtout de *Lithophaga lithophaga* et *Jouannetia tournoueri* et, plus rarement, *Botula fusca*. Les Madréporaires sont fréquemment associés à *Creusia oraniensis* (Balanidae). Dans les anfractuosités, on peut trouver quelques Bivalves caractéristiques (*Barbatia subhelbingi, Anadara turonica, Acar clathrata, Chlamys pusio...*).

Tableau 20. — Faune associée aux constructions coralliennes de l'Oued Kell.

Bivalves	
Barbatia subhelbingi	*Ostrea* sp.
Acar clathrata	*Diplodonta rotundata*
Anadara turonica	*Chama gryphoïdes*
Glycymeris sp.	*Cardium* sp.
Lithophaga lithophaga	*Periglypta miocenica*
Botula fusca	*Dosinia exoleta*
Chlamys pusio	*Jouannetia tournoueri*
Spondylus sp.	
Gastéropodes	
Haliotis cf. *tuberculata*	*Cancellaria* sp.
Architectonica sp.	*Conus* sp.
Ficus sp.	
Crustacés	
Décapodes : *Callianassa* sp.	Balanidae : *Creusia oraniensis*
Daira speciosa	*Balanus* sp.
Divers	
Serpulidae	Échinides : nombreux radioles
Bryozoaires	

La sédimentation vers le centre du bassin

La coupe de Sidi A.E.K. bou Grignat

La route de Meknés à Ras Jerry, qui franchit l'Oued Kell, dégage une coupe permettant d'appréhender les caractères de la sédimentation à mesure que l'on s'éloigne des bordures (Fig. 131F et Fig. 132F). On y observe la succession suivante (de bas en haut) :

* marnes grises, peu visibles à l'affleurement ;
* sables jaunes peu fossilifères ;
* bancs gréseux à stratifications obliques ;
* sables fauves ;
* formation des calcaires lacustres.

La coupe de Moulay Idriss

Située au SW d'Ain Lorma, la source de Moulay Idriss déverse ses eaux dans l'Oued Kell par l'intermédiaire d'une cascade qui marque la transition entre les marnes grises et les sables jaunes. Ces derniers constituent une corniche très nette aux alentours de la cascade.

Source : MNHN, Paris

Pour WERNLI (1987), les marnes grises riches en coquilles, datées du Miocène terminal, mais ne renfermant pas de marqueurs spécifiques, sont transgressées par la formation des sables fauves à coquilles marines (dont des *Pecten*) qu'il attribue au Pliocène moyen (p2). Cependant CIRAC (1987), pour la même coupe, n'indique pas de sables fauves, mais seulement des sables à matrice carbonatée, renfermant des coquilles de *Pecten*, et surmontés par la formation lacustre, la première séquence s'achevant sous les barres carbonatées.

Les observations réalisées personnellement sur le terrain (Fig. 131G et 132G), bien que sommaires, complètent et modifient quelque peu celles des auteurs précités. On rencontre de bas en haut :

* des marnes grises : elles présentent le faciès caractéristique de ce qu'il est convenu des marnes bleues ; elles sont chargées en éléments silteux ; elles renferment à la partie supérieure une abondante macrofaune, fragile mais parfaitement conservée, typique d'environnement de vasières assez peu profondes (PIQUET & SAINT MARTIN, 1986) ;

* des sables jaunes : vers la base ils renferment encore des fossiles identiques à ceux des marnes grises, mais rapidement ils s'appauvrissent et ne contiennent plus que des Pectinidae représentées par une seule petite espèce (*Aequipecten (?)* sp.) et quelques Ostreidae ; vers le sommet la formation devient plus carbonatée et se présente sous forme de bancs de grès, à stratifications obliques et rares coquilles d'Ostreidae ;

* des sables rubéfiés : ils correspondent sans aucun doute au faciès des sables fauves ;

* des calcaires lacustres.

Implications

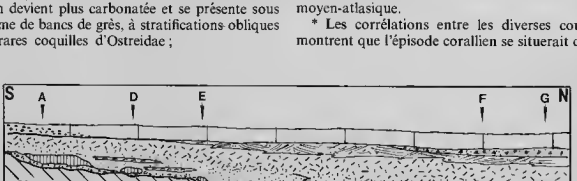
Il y a continuité de sèdimentation entre les marnes grises et les sables jaunes (sables à matrice carbonatée). Des coupes réalisées dans le même secteur, à Ain Lorma et au Djebel Kaitone par WERNLI (1987) semblent indiquer un passage mio-pliocène à la limite des marnes grises et sables jaunes ou un peu plus haut, au sein des sables jaunes. Le sommet des marnes grises marque l'installation d'un régime de vasières assez peu profondes, mais encore largement soumis aux influences marines franches. Les sables jaunes indiquent quant à eux une intensification des épandages détritiques.

Conclusion

La comparaison des différentes coupes effectuées tout au long de l'Oued Kell nous amène à proposer, à titre d'hypothèse, le schéma suivant montrant les relations entre les divers faciès (Fig. 135). D'ores et déjà plusieurs points retiennent l'attention.

* Le développement des constructions coralliennes les plus conséquentes correspond à une large extension du domaine marin sur la bordure moyen-atlasique.

* Les corrélations entre les diverses coupes montrent que l'épisode corallien se situerait dans



1 : Substratum anté-néogène. 2 : Conglomérats de base.
3 : Constructions coralliennes. 4 : Marnes sableuses, sables à passées lumachelliques.
5 : Marnes grises. 6 : Sables jaunes à bancs gréseux et stratifications obliques vers le haut.
7 : Sables fauves. 8 : Calcaires lacustres.

FIG. 135. — Essai de reconstitution de l'agencement des faciès mio-pliocènes de l'Oued Kell.

Source : MNHN, Paris

un Miocène élevé (Tortonien très supérieur ou Messinien), en relation avec la partie supérieure de la sédimentation marneuse du bassin. Ceci conduit à revoir quelque peu la conception selon laquelle les « mollasses » représentent uniquement la base de la transgression (et par là-même des « marnes bleues ») : elles en marqueraient en fait les diverses étapes. Des études effectuées tout au long de l'Oued Kell, secteur idéal pour la qualité des affleurements « en continu », portant autant sur le contenu paléontologique (microfaune et macrofaune) que sur la sédimentologie des divers dépôts, devraient permettre d'établir un modèle de l'évolution des environnements mio-pliocènes et résoudre également un certain nombre de problèmes touchant à la chronologie exacte des événements.

* Les caractéristiques de l'épisode récifal sont les suivantes :

— peu d'espèces constructrices, deux genres essentiels représentés, *Porites* et *Tarbellastraea* ;
— constructions massives colonnaires dominantes ;
— apports détritiques perturbant l'édification ;
— faune associée typique avec des formes cavitaires, des Bivalves perforants et la présence de *Creusia oraniensis*.

Le Moyen Atlas au sud de Fès

Introduction

La région étudiée

Au Sud de Fès la vallée de l'Oued Sebou traverse la partie septentrionale du Moyen Atlas central. Tout autour se répartissent des affleurements néogènes qui se poursuivent jusque vers Skoura. Ainsi est délimité tout un secteur compris d'Ouest en Est entre Sefrou et Ribat al Khayr (ex Ahermoumou) et du Nord au Sud entre Bir Tam Tam et Skoura (Fig. 136). Les formations contenant des Madréporaires récifaux apparaissent sur toute la bordure septentrionale du Moyen Atlas, généralement à proximité du substratum et ne sont visibles bien souvent qu'à la faveur de l'érosion de marnes sus-jacentes ou de bombements du socle.

Les données antérieures

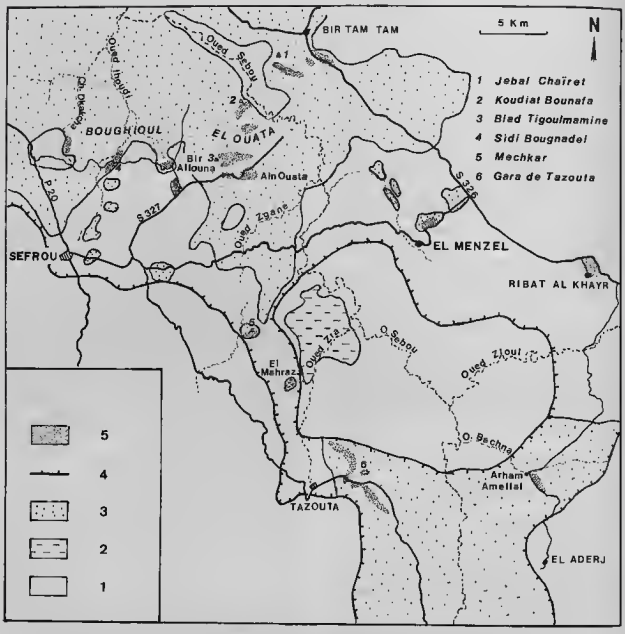
La présence de Coraux récifaux a toujours été liée à la formation dite des « mollasses de base » dont les calcaires de Bahlil, près de Sefrou, constitueraient un des faciés représentatifs (Choubert, 1945 ; Taltasse, 1953 ; Choubert *et al.*, 1964). Comme on l'a déjà vu, l'âge et la position exacte des « mollasses » prêtent à discussion. Des travaux plus récents et localisés sur le Moyen Atlas au Sud de Fès permettent de nuancer un peu les conceptions antérieures : Martin (1981), Charrière (1984), Charrière & Wernli (1984), Wernli (1987). Les Coraux sont souvent signalés mais en général sans détermination ni description.

Chevalier (1962) apporte un certain nombre de renseignements sur la faune corallienne et sur la situation de certains gisements, mais dans son introduction stratigraphique, Choubert (1962) estime qu'il n'existe pas de véritables récifs à Polypiers dans la région.

Nous ne disposons que de très peu d'indications sur le contenu paléontologique (macrofaune surtout) des gisements coralliens, hormis quelques déterminations plutôt imprécises (Termier, 1937 ; Lorenchet de Montjamont, 1963a, b).

Le cadre de la sédimentation miocène sur la bordure du Moyen Atlas est maintenant assez bien connu par les travaux (cités plus haut) de Charrière et Wernli. L'utilisation systématique des données micropaléontologiques conduit à mieux cerner les problèmes de corrélations entre les divers faciés. Cependant il convient de noter que la zonation adoptée reste spécifique au domaine sud-rifain et laisse une part d'imprécision quant à l'emploi des dénominations stratigraphiques, notamment en ce qui concerne la limite entre le Tortonien et le Messinien. Selon ces auteurs, la transgression miocène comporte plusieurs étapes et serait initiée par un épisode distensif affaissant tout le secteur. Dans un premier temps un large golfe échancre le Moyen Atlas (jusqu'à Skoura) et correspond plutôt à un régime laguno-marin caractérisé par le dépôt de marnes à Huîtres. L'invasion marine franche intervient alors entre la fin du Tortonien et du Messinien et se traduit d'abord par l'installation d'un régime littoral, produisant des sédiments détritiques et carbonatés à Hétérostégines et Polypiers. Le mouvement s'accentue avec des marnes grises à riche microfaune planctonique. L'effondrement de différents panneaux aurait en fait guidé la transgression et déterminé son caractère discontinu. De même des mouvements

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum moyen atlasique. 2 : Formation lacustre de l'Oued Zra (Vallésien).
3 : Miocène supérieur marin (Tortonien-Messinien). 4 : Limite d'extension probable du Miocène supérieur.
5 : Affleurements récifaux coralliens.

FIG. 136. — Carte des affleurements récifaux coralliens au Sud de Fes.

tectoniques seraient à l'origine du retrait de la mer.

Remarque

Souvent évoquées, mais jamais évaluées à leur juste dimension, les constructions coralliennes sont remarquablement développées dans la région et peuvent constituer de véritables corps récifaux, conséquents, avec une structure d'ensemble particulière. En fait, les reconnaissances effectuées très récemment sur le terrain apportent la preuve de leur exceptionnelle extension grâce à la découverte de nombreux nouveaux affleurements. A ce sujet, les indications fournies par CHARRIÈRE (communication personnelle) sur certains

Source : MNHN, Paris

gisements (Bir Allouna, Ain Ouata) se sont avérées très précieuses et ont servi de base à de fructueuses recherches ultérieures. Cependant, la présente étude ne saurait être qu'indicative car il est fort probable que d'autres gisements seront bientôt reconnus.

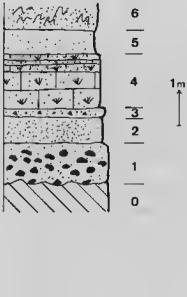
Le Nord-Est de Sefrou : la région de Boughioul

Les affleurements récifaux et la série miocène

La petite route qui traverse la région de Boughioul recoupe plusieurs oueds. Ces derniers ont dégagé les formations qui se trouvent en contact avec le substratum liasique. Les Madréporaires y sont présents, mais toujours vers l'amont (vers le Sud). Vers le Nord se développe une série calcaréo-gréseuse constituant le sommet des falaises encaissées qui bordent le lit des cours d'eau. L'ensemble est recouvert de marnes dont la partie supérieure est à placer dans le Messinien sûr (zone à *Globorotalia primitiva*) ; ces marnes s'épaississent en direction du sillon tandis qu'elles se réduisent vers le Sud et deviennent très sableuses. Toute cette région a été soumise à une importante tectonique cassante récente qui hache littéralement les couches miocènes.

Le Chabet Dkakcha

Une coupe levée sur la rive droite du chabet (Fig. 137) montre l'installation sur le socle d'une sédimentation détritique lenticulaire, à changements latéraux brusques de faciès, et se terminant sur un niveau de grés calcaires dont l'érosion « ruiniforme » apparaît bien caractéristique. Le tout est envahi par des marnes sableuses (30 m).



6. Grés roses à érosion « ruiniforme ».
5. Grès et sables.
4. Ensemble à colonies de *Porites* constitué d'abord par des bancs de calcaire gréseux surmontés de niveaux lités formant des petites barres ; on peut y trouver des coquilles d'Ostreidae et de Pectinidae.
3. Petite passée bréchique à éléments anguleux dans une matrice gréseuse.
2. Grés présentant par endroits un fin litage.
1. Conglomérat à gros éléments de socle.
0. Substratum dolomitique du Lias.

FIG. 137. — Coupe du Chabet Dkakcha.

Des colonies de *Porites*, difficilement soupçonnables et dont il paraît bien délicat d'évaluer l'importance et la morphologie, se sont développées dans un environnement détritique et forment des lentilles peu épaisses au sein d'un sédiment hétérogène. Les quelques organismes décelables sont des Ostreidae et des Pectinidae (*Chlamys* sp.).

Dans le même secteur, au Sud de la petite route qui mène à Bir Allouna, une petite barre, nettement visible dans la topographie, montre également des constructions coralliennes (á *Porites* et Faviidae) plus évidentes, au sein d'une sédimentation détritique.

L'Oued Iboudi

L'Oued Ihoudi creuse des gorges étroites et profondes où l'on peut suivre latéralement et verticalement la sédimentation miocène.

En amont, au niveau de Sidi Bougnadel affleurent de part et d'autre de la route des barres bien délimitées de calcaire gréseux á Madréporaires qui reposent directement sur le socle ou sur un conglomérat de base. Ces constructions sont surtout assurées par *Porites*. Quelques colonies de Faviidae sont cependant présentes. L'ensemble peut atteindre la dizaine de métres d'épaisseur et est enveloppé de marnes sableuses jaunes riches en Bryozoaires et en microfaune benthique (*Textularia, Clavulina, Vaginulina, Robulus, Marginulina, Eponides, Globobulimina, Gyroidina, Planulina, Orbulina, Globigerina, Globigerinoides...*). On y trouve également des « becs » de Céphalopodes et des dents de Sparidae. Il s'agirait lá des silts ocres décrits par WERNLI (1986).

Vers le Nord, on rencontre encore des niveaux

Source : MNHN, Paris

coralliens, moins épais, reposant cette fois sur un ensemble calcaréo-gréseux et coiffés par des « grès ruiniformes » ; ils disparaissent en aval où les termes détritiques de base (conglomérats et grès) remplissent le paléorelief liasique de manière irrégulière ; plus au Nord, ce sont des marnes sableuses, passant vers le haut à des marnes grises, qui reposent directement sur le substratum.

Le récif de Bir Allouna

Aux alentours de Bir Allouna un affluent de l'Oued Ihoudi découvre sur ses flancs un ensemble de couches miocènes épousant étroitement le paléorelief liasique. D'Ouest en Est il est possible de suivre l'évolution latérale des faciès (Fig. 139).

Vers l'Ouest, aux alentours du village et le long de la route, la sédimentation s'avère très détritique. Les constructions coralliennes, à *Porites* et plus rarement *Tarbellastraea*, constituent des lentilles peu épaisses au sein de conglomérats et grès eux-mêmes lenticulaires, sur un support liasique à peu près horizontal.

Le paléorelief marque un net infléchissement vers l'Est de même que les couches sus-jacentes, essentiellement récifales à la base.

La tranchée située à l'extrémité orientale permet d'observer la succession des épisodes de construction (Fig. 138) séparés par des apports irréguliers argileux. Les colonies coralliennes lobées, constituant des masses peu digitées, y sont très bien conservées et attribuables à *Porites* aff. *lobatosepta*. Parmi la macrofaune associée aux colonies de *Porites* on remarque surtout la présence d'Huîtres, de Pectinidae (*Chlamys pusio, Chlamys* sp.), de *Creusia oraniensis* et surtout de petits Gastéropodes (*Alvania, Rissoina, Cerithiella*), le plus souvent complètement déformés. Les dents de Sparidae ne sont pas rares. La microfaune prélevée dans le sédiment marneux qui entoure ou recouvre les colonies coralliennes paraît assez significative et constante. Chez les Foraminifères, l'assemblage est oligospécifique avec surtout des Miliolidae du genre *Sinuloculina* et plus rarement *Quinqueloculina, Ammonia, Elphidium, Cibicides*. Les Ostracodes abondants (déterminés par B. ANDREU au niveau du genre : *Cytherella, Bairdia, Xestoleberis, Cyprideis, Miocyprideis, Cytherelloidea, Aurila, Falunia, Ruggiera, Carinovalva, Cytheretta*) sont représentés presque exclusivement par des formes lisses ; toutefois une passée marneuse, au milieu de la construction, contient en majorité des formes ornées. Tout ceci indiquerait un milieu assez peu favorable, turbide, soumis peut-être à des influences continentales intermittentes (apport d'eau douce ?) en relation avec la proximité des terres émergées.

Les niveaux construits sont surmontés et relayés par un corps gréseux rose stratifié, bombé, montrant vers le sommet des figures d'érosion « ruiniformes ».

Vers le Sud, toute la série (et particulièrement les niveaux construits) est limitée par une faille, orientée NE-SW, bien visible dans la topographie, correspondant à l'accident du Tizi n'Tretten.

Les marnes sableuses qui ennoyent l'ensemble sont visibles au-dessus de la route. Elles renferment une microfaune surtout benthique (*Textularia* sp., *Marginulina* sp., *Robulus* sp., *Vaginulina legumen, Gyroidinoides* sp., *Neoeponides schreibersii, Sphaeroidina bulloides*...). Signalons également, aux alentours de la tranchée, des

9. Marnes sableuses.
8. Calcaires lités.
7. Niveau à colonies lobées de *Porites* dans un sédiment marneux montrant à la base un lit argileux.
6. Calcaire gréseux rose, compact.
5. Masse construite à *Porites* séparée du terme précédent par un lit argileux brun.
4. Calcaire marneux à Ostreidae.
3. Niveau à *Porites*.
2. Marnes et calcaires lités à surface irrégulière remplissant des dépressions.
1. Colonies lobées de *Porites* dans un sédiment argileux.

FIG. 138. — Coupe de la tranchée de Bir Allouna.

Source : MNHN, Paris

affleurements peu nets, qui ont fourni des marnes jaunes sableuses renfermant une riche microfaune benthique et planctonique, notamment des exemplaires indiscutables de *Globorotalia conomiozea* (détermination Boutakiout). Mais le passage de la faille introduit une imprécision supplémentaire quant à la situation exacte de ces marnes.

Plus au Nord, en descendant l'oued jusqu'au confluent avec l'Oued Ihoudi, la série miocène, montrant une discordance angulaire remarquable avec le Lias, est ici exempte de constructions coralliennes. Il s'agit d'une succession de niveaux détritiques, localement calcaréo-gréseux et chargés en Hétérostégines. On ne voit pas la relation directe entre ces couches, et la formation récifale de Bir Allouna.

L'ensemble des faits observés aux alentours de Bir Allouna suggère le dispositif suivant (Fig. 139) : contre le paléorelief s'établit un régime récifal s'organisant sur des niveaux conglomératiques de base ; sur une portion plate du paléorelief, les bancs construits se succèdent et sont perturbés par des apports détritiques grossiers ; une inflexion du relief amène les constructions à gagner une zone plus distale, soumise à des apports périodiques terrigènes plus fins, de nature argileuse ; la masse construite atteint dans cette partie le maximum de développement et elle est relayée par un nouveau corps construit ; un épandage sableux recouvre l'ensemble de l'édifice ; la mer déborde alors plus largement et ennoye les termes précédents d'un dépôt marneux, plus sableux à la base, à microfaune planctonique.

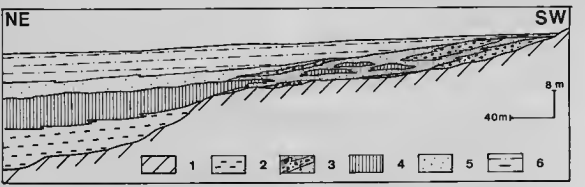
Le plateau d' El Ouata

Situation des affleurements récifaux

La région de Boughioul se prolonge vers l'Est par celle d'El Ouata, limitée par la vallée du Sebou. Les principaux affleurements récifaux se répartissent entre des plateaux supportant des calcaires lacustres, l'Oued Sebou et la route S_{327} (voir Fig. 136).

Au Nord de Bir Allouna un pointement corallien peu étendu forme une petite corniche bien visible à la jonction avec la route S_{327}. Cette dernière recoupe plusieurs autres affleurements de calcaires à Mélobésiées et Madréporaires qui forment souvent des dômes recouverts partiellement de marnes. Le substratum liasique ressort souvent à proximité. La source d'Ain Ouata, située en contrebas de la route, surgit sous une importante masse calcaire, entièrement récifale. Plus au Nord, plusieurs ravineaux entaillent le recouvrement marneux et laissent apparaître des calcaires stratifiés formés en fait de constructions coralliennes. L'affleurement le mieux dégagé est celui du Koudiat Bounafa, au bord du Sebou qui constitue une éminence très repérable et représente un bel édifice récifal.

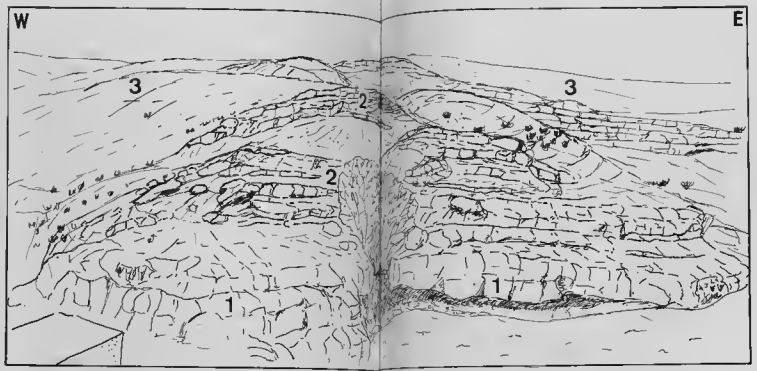
Plusieurs auteurs avaient signalé la présence de ces calcaires et « mollasses » équivalents aux calcaires de Bahlil (CHOUBERT, 1945 ; TALTASSE, 1952 ; LAOUINA, 1973 ; MARTIN, 1981), mais aucun n'en avait discerné la véritable nature. L'aspect en dôme qui caractérise cette formation est en général attribué à des bombements du



1 : Substratum liasique. 2 : Marnes. 3 : Grès et conglomérat. 4 : Constructions coralliennes. 5 : Grès roses. 6 : Marnes sableuses.

FIG. 139. — Disposition des constructions coralliennes à Bir Allouna.

Source : MNHN, Paris



1 : Masse construite à *Porites* et algues encroûtantes. 3 : Marnes sableuses.

FIG. 140. — Constructions d'Ain Ouata.

socle sous-jacent et des flexurations (LAOUINA, 1973).

Les affleurements d'Ain Ouata

Au niveau de la source d'Ain Ouata, un petit plan d'eau baigne les bords d'une masse calcaire. L'ensemble se présente sous forme de barres empilées qui s'organisent en une série de dômes plus ou moins raccordés les uns aux autres (Fig. 141). Cette structure est particulièrement évidente au niveau du plan d'eau. Autour d'un corps central, peu stratifié, constitué surtout de colonies de *Porites*, les barres sommitales à *Tarbellastraea* et *Porites* s'infléchissent nettement.

Des marnes sableuses, ici peu épaisses, viennent ennoyer l'édifice. Elles renferment à leur base une microfaune surtout benthique composée de grandes formes (*Marginulina, Lenticulina, Robulus, Eponides*). Parmi les éléments de macrofaune on reconnaît des Pectinidae.

Le support de l'édifice n'apparaît pas. On peut cependant supposer qu'il s'agit d'un sédiment marneux, compte tenu de la présence de la source.

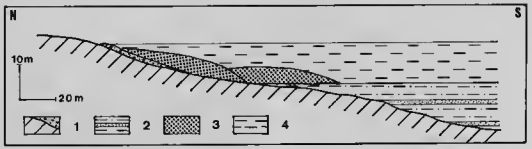
Les affleurements du secteur d'El Ouata

Près du Bled Tigoulmamine, un chabet qui rejoint le Sebou recoupe des barres calcaires renfermant des colonies de *Porites* et de *Tarbellastraea*. En partie masquées par des marnes, elles se suivent sur plus de 500 m.

Un affleurement plus conséquent apparaît au Sud du Kt Bounafa. Il s'appuie partiellement sur un pointement de Lias et se développe vers l'Est plus largement sur un substrat marno-sableux. Il atteint alors une épaisseur de près de 20 m. L'ensemble présente également un aspect de dôme constitué de barres construites superposées à *Porites* et *Tarbellastraea*.

Le Koudiat Bounafa (736 m), qui surplombe le Sebou, est entièrement constitué par un édifice récifal. La morphologie d'ensemble en est plus discernable. Il s'agit en fait de corps construits bien délimités et emboîtés les uns sur les autres (Fig. 141). La base est ici bien nette et le récif repose vers le SE sur une série épaisse, marno-gréseuse renfermant souvent des grosses Huîtres (*Crassostrea?*) et entrecoupée de bancs plus durs de grès. Chaque corps récifal se compose d'un empilement de barres se disposant en dômes. Les Madréporaires sont essentiellement représentés par des colonies lobées de *Porites* et des colonies peu apparentes de Faviidae (attribuables avec un léger doute à *Tarbellastraea*). On soupçonne la présence également d'une autre forme corallienne proche d'*Acanthastrea*. En général les Faviidae apparaissent extrêmement mal conservés, la forme des colonies s'avérant indiscernable à l'affleurement. Par contre, par endroits, on observe des colonies en bâtons de *Porites* caractéristiques, pouvant former des gerbes. Des encroûtements de Mélobésiées sont très fréquents.

Dans tout ce secteur, les édifices coralliens sont recouverts par des marnes sableuses identiques à celles d'Ain Ouata et de Boughioul.



1 : Substratum jurassique et conglomérat de base de transgression. 2 : Marnes sableuses et bancs de grès. 3 : Constructions coralliennes. 4 : Marnes sableuses supérieures.

FIG. 141. — Structures récifales au Koudiat Bounafa.

Source : MNHN, Paris

Conclusion

L'examen de ces affleurements, nouvellement mis en évidence, permet d'apporter quelques éléments de réflexion :

* L'activité constructrice corallienne s'est manifestée de manière très évidente par la constitution d'édifices importants dont l'extension est sans conteste plus large que ce qu'en laissent apparaître les affleurements dégagés ; il est fort probable que cette activité a concerné un secteur encore plus vaste, actuellement masqué par les plateaux de calcaire lacustre ;

* Tous les édifices présentent une structure et une disposition similaires ; la forme en dôme généralement observée correspond à la constitution de corps récifaux individualisés (dont le pendage sédimentaire peut être amplifié par des mouvements tectoniques postérieurs) ;

* Les édifices s'installent sur le bord des paléoreliefs moyen-atlasiques ; ils progressent vers l'extérieur par l'accrétion des corps récifaux qui reposent alors sur une série marno-gréseuse qui avait comblé les bassins en position plus distale ;

* Les constructions sont oligospécifiques, surtout dûes aux genres *Porites* et *Tarbellastraea* ; elles s'organisent en couches superposées traduisant le caractère discontinu de l'élaboration ;

* L'ensemble est ennoyé par des marnes sableuses, à microfaune planctonique, témoignant d'une nouvelle accentuation du mouvement transgressif marin ; au droit des formations récifales, ces marnes montrent une épaisseur limitée (20 à 30 m), mais ont pu être en partie décapées par l'érosion ;

* Des fracturations et mouvements tectoniques divers post-miocènes ont affecté l'ensemble de la région et plus particulièrement les terrains du Miocène terminal dont les affleurements apparaissent de manière très irrégulière, ce qui a pour effet de masquer l'ampleur du phénomène récifal.

Les environs de Bir Tam Tam, la rive droite de l'Oued Sebou

Situation des affleurements récifaux

Au Sud de Bir Tam Tam, sur la rive droite du Sebou, apparaissent une série de pointements calcaires (Fig. 136). Sur le versant SE du Jebel Chaïret il s'agit de barres formant corniche entre le Douar Staout et Sidi M'barek. La route de Bir Tam Tam à El Menzel recoupe d'autres affleurements dont une carrière permet d'en reconnaître les caractéristiques. De même le talus de la route, vers El Menzel, dégage d'autres gisements à caractère récifal.

La coupe au SE du Jebel Chaïret

WERNLI (1987), en collaboration avec CHARRIÈRE, a levé une coupe intéressante qui part de la vallée du Sebou (au niveau de Tazdait) et remonte jusqu'au plateau de Bir Tam Tam. Il décrit la succession suivante (de bas en haut) :

* marnes beiges à banc de grès repère vers la base, correspondant à un milieu très côtier, saumâtre estuarien ; → 100 m ;

* marnes, à bancs gréseux et grandes Huîtres, datées du Miocène supérieur (m6) ; → 70 m ;

* calcaires jaunes organogènes à polypiers et nodules algaires ; → 14 m ;

* marnes gris-jaune à microfaune planctonique indiquant, avec l'apparition de *Globorotalia primitiva*, le Messinien ; → 40 m.

Pour WERNLI, les couches sont subhorizontales. En réalité il y a un plongement général des couches vers le SW compliqué d'un bombement du socle qui détermine au milieu de la série un relèvement des couches de part et d'autre. Ceci est bien visible sur la petite route qui descend vers le Sebou pour joindre le futur barrage de Bou Tayeb et recoupe tous les niveaux définis précédemment. Ainsi l'épaisseur de la série marno-gréseuse doit être réévaluée en baisse. Ceci dit, la coupe est surtout intéressante dans sa partie supérieure. Sur les sables à stratifications obliques et surfaces ferruginisées, reposent des marnes jaunes renfermant d'abondantes coquilles d'Huîtres (15 m) et servant de support aux barres récifales.

Le talus de la route permet d'observer de très beaux affleurements récifaux qui présentent des caractères tout à fait similaires à ceux décrits en Oranie occidentale, notamment à Sebaa Chioukb ou en bordure des Traras. L'essentiel des constructions est assuré à la base par des colonies en bâtons, subdendroïdes, formant localement de belles gerbes, de *Porites lobatosepta*. Des apports terrigènes fins argileux règlent l'alternance des

Source : MNHN, Paris

niveaux, les barres plus calcaires faisant saillie et des passées marneuses pouvant interrompre totalement l'édification. Des lentilles de calcaire biodétritique s'intercalent entre les constructions. Vers le haut, le sédiment étant moins argileux, se développent des colonies de *Tarbellastraea.*

Les affleurements au Sud de Bir Tam Tam

Sur la route d'El Menzel, à environ 2 km au Sud de Bir Tam Tam, s'ouvre une carrière creusée dans une masse récifale. Il s'agit en fait d'un ensemble qui repose sur le substrat liasique par l'intermédiaire d'un conglomérat. Le tout présente un pendage général vers le SW qui accentue la forme incurvée de l'édifice. Les fronts de taille dégagent une succession de niveaux coralliens renfermant des colonies de *Porites lobatosepta* aux caractéristiques habituelles. Un peu plus loin, les talus de la route recoupent des affleurements récifaux montrant également des colonies de *Porites lobatosepta* englobées dans un sédiment marneux.

L'aspect paléontologique

Un échantillonnage sommaire a été effectué et permet de définir les principaux caractères du peuplement récifal (Tabl. 21). La faune associée aux constructions ressemble tout à fait à celle décrite dans les récits d'Oranie occidentale évoqués précédemment. En premier lieu on peut noter l'abondance de certains Bivalves comme les Ostreidae et l'espèce *Chlamys pusio* dont les individus atteignent ici des tailles exemplaires (7-8 cm). Les coquilles d'*Ostrea* sp. abondent, étroitement mêlées aux colonies de *Porites* qui servent de support. Signalons de plus la présence d'une espèce de Veneridae de forte taille (*Periglypta miocaenica*), témoignant du remplissage des espaces intercoloniaux par des dépôts meubles. Les Gastéropodes sont représentés en majeure partie par des grandes formes de Cypraeidae et d'Olividae. Aux colonies coralliennes sont associés des exemplaires de *Creusia oraniensis*, forme commensale habituelle. Les parties nécrosées des colonies ont été encroûtées bien souvent par diverses sortes de Bryozoaires et des tubes de Serpulidae.

Le remplissage marneux fournit de nombreuses pièces de Décapodes et d'Ophiures, ainsi que des « becs » de Céphalopodes.

TABLEAU 21. — La faune des constructions coralliennes aux environs de Bir Tam Tam.

BIVALVES	
Barbatia barbata	*Spondylus* sp.
Lithophaga lithophaga	*Ostrea* sp.
Botula fusca	*Codakia decussata*
Isognomon maxillatus	*Gastrana fragilis*
Chlamys pusio	*Periglypta miocaenica*
Pecten sp.	
GASTÉROPODES	
Clanculus sp.	*Cypraea* sp.
Turritella subarchimedis	*Oliva* sp.
Vermetus sp.	*Conus* sp.
Potamides sp.	
CRUSTACÉS	
Balanidae : *Balanus* sp.	Décapodes : nombreux articles
Creusia oraniensis	
DIVERS	
Tubes de Serpulidae	Échinides réguliers : plaques de Cidaridae
Bryozoaires dressés et encroûtants	radioles divers
Brachiopodes : *Argyrotheca* sp.	« Becs » de Céphalopodes

Source : MNHN, Paris

Conclusion

Le schéma précédemment évoqué dans le secteur d'El Ouata s'applique ici également. On voit nettement que les constructions coralliennes se sont installées sur les bordures de paléoreliefs (formant des îles ou des hauts-fonds ?) en s'appuyant sur un conglomérat de base. La progression du récif vers le bassin entraîne la migration des corps récifaux sur des marnes précédemment déposées. L'édification est perturbée par des apports argileux qui espacent plus ou moins les ensembles coloniaux à *Porites*. Lorsque le milieu est stabilisé, apparaissent d'autres formes coralliennes comme *Tarbellastraea*. Le recouvrement général par des marnes grises et les déformations tectoniques qui affectent le secteur masquent l'ampleur du développement récifal. Il est cependant fort probable que les divers affleurements constituent un seul et même ensemble, ce que laisse soupçonner d'ailleurs la présence de petits pointements isolés, ressortant de l'ennoyage marneux. Il est important de noter que ces marnes appartiennent sans conteste à un Messinien bien affirmé.

Les affleurements d'El Menzel

A environ 1,5 km au Sud d'El Menzel, la route qui rejoint la S_{326} passe sous la colline de Tagrart occupée par un ancien cimetière militaire. Cette éminence correspond à un affleurement de Miocène récifal. Une coupe indicative a été levée depuis le socle sur le flanc ouest de la colline de Tagrart (Fig. 142).

Les colonies de *Porites lobatosepta*, seules représentées à la base de l'ensemble construit, montrent les caractères habituels et forment, au sein d'un sédiment argileux, des petites gerbes souvent inclinées. Vers le haut, les apports argileux se réduisant, l'association corallienne s'avère plus riche.

Dans le sédiment marneux où se développent les colonies de *Porites* et les grosses Huîtres, on peut trouver des Foraminifères benthiques (*Ammonia beccarii* en grande abondance, *Elphidium*), quelques Ostracodes lisses, des « becs » de Céphalopodes, des radioles d'Échinides et des pinces de Décapodes. Au sein du niveau supérieur à Faviidae et *Porites*, de gros exemplaires de Veneridae (*Periglypta miocaenica*) ne sont pas rares.

5. Ensemble construit à plusieurs espèces de Madréporaires, notamment *Porites*, des Faviidae et *Acanthastrea*.

4. Constructions à *Porites lobatosepta* dans un sédiment marneux ; les Huîtres y sont abondantes et étroitement mêlées aux colonies coralliennes lobées.

3. Marnes sableuses et grés à bancs d'Huîtres (h).

2. Marnes sableuses.

1. Conglomérat polygénique à ciment calcaire, renfermant à la base des éléments anguleux de socle.

0. Substratum anté-miocène.

FIG. 142. — Coupe du Miocène d'El Menzel.

Pour CHEVALIER (1962), le gisement, inclus dans la « mollasse » de base, renferme les Madréporaires suivants : « *Heliastraea* sp., *Tarbellastraea reussiana*, *Palaeoplesiastraea romettensis*, *Mioscapophyllia menzelensis*. La dernière espèce citée serait endémique. Les récoltes personnelles réalisées sur le terrain ne reflètent pas tout à fait la variété d'espèces citées par CHEVALIER. Les échantillons de Faviidae, en général mal conservés, sont attribuables à *Tarbellastraea*. La présence de *Porites lobatosepta* n'avait par contre pas été signalée alors que cette espèce constitue l'essentiel de la construction. Vers le sommet on rencontre assez souvent des colonies légèrement convexes que CHEVALIER (1961, 1962) attribuait à une espèce nouvelle *Mioscapophyllia menzelensis*, endémique de la région. Cela posait quelques problèmes car le genre actuel *Scapophyllia* ne se trouve que dans le domaine indo-pacifique et n'est représenté que par une espèce ! En réalité, après examen des exemplaires de la collection

Source : MNHN, Paris

CHEVALIER (déposée au Muséum National d'Histoire naturelle), CHAIX (communication personnelle) les rapporte sans équivoque au genre *Acanthastrea*, relativement fréquent dans les récifs du Messinien d'Algérie et du Maroc.

L'affleurement de Ribat al Khayr (Ahermoumou)

L'ancien poste d'Ahermoumou (aujourd'huí Ribat al Khayr) était construit d'après TERMIER (1937) sur un calcaire friable en bancs légèrement inclinés vers le NW et renfermant des Huîtres. FALLOT (1952) précise que le bord de la falaise sur lequel se trouve le poste est formé de Miocène. LORENCHET de MONTJAMONT (1963a, b) indique la nature récifale de ces calcaires, placées dans la « molasse de base », ainsi que la présence de *Porites*.

La succession des niveaux récifaux présente certaines analogies avec la coupe d'El Menzel. Sur des marnes sableuses reposent des constructions à *Porites*, ici un peu plus épaisses (15 m environ), formant des barres plus ou moins compactes selon l'importance du sédiment argileux. Vers le sommet, dans le village même, on note une diversification de l'assemblage corallien avec des colonies massives de Faviidae (*Tarbellastraea* ou *Paleoplesiastraea*) et d'*Acanthastrea*.

Bien qu'isolé au milieu du substratum antémiocène, le récif de Ribat al Khayr constitue un témoin de la transgression qui a gagné le cœur du Moyen Atlas et permet d'envisager la liaison entre les affleurements de la région de Taza et ceux du golfe de Skoura.

L'affleurement d'Arham Amellal

Les données

Au Nord d'El Aderj, sur la rive droite de l'Oued Sebou, la présence d'une « mollasse » a été indiquée par TERMIER (1937) et COLO (1961). LORENCHET de MONTJAMONT (1963a, b) signale à Arham Amellal, situé sur l'Oued Bechna, des formations récifales passant latéralement à des grès. CHEVALIER (1961) cite un petit nombre d'espèces de Madréporaires : « *Solenastraea* cf. *peroni* et *Tarbellastraea reussiana* ». MARTIN (1981) intègre « les gros bancs de molasse à Madréporaires » dans le cadre de la transgression messinienne.

A l'entrée d'Arham Amellal et en contrebas de la route d'El Aderj à Ribat Al Khayr, un cours d'eau qui rejoint l'Oued Bechna traverse des gorges étroites en découvrant les affleurements récifaux. La construction se présente en fait sous forme d'une lentille très allongée, atteignant 5-6 m d'épaisseur, entièrement englobée dans une série détritique. A la base (visible), ce sont surtout des niveaux conglomératiques à gros galets roulés de socle passant à des grès plus fins à corps chenalisés. Les colonies coralliennes se développent souvent sur les blocs du conglomérat et peuvent être renversées vers la base. La masse construite est assez dense, mais ménage des intervalles où se dépose un sédiment biodétritique, présentant les caractères d'un sable corallien, composé de fragments de squelette madréporique, essentiellement d'ailleurs de *Porites*, plus tendre, et de Bryozoaires. Cette masse récifale est ennoyée dans des grès à grandes stratifications obliques et passant vers le haut à des niveaux lités, formant de petites barres superposées.

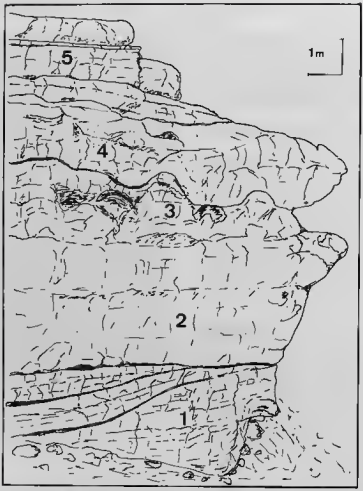
La Fig. 143 montre une coupe type avec de bas en haut :

* des corps détritiques chenalisés, plus ou moins étendus, localement conglomératiques, notamment au contact avec les constructions coralliennes ;
* un corps récifal massif à surface sommitale ondulée, constituée de colonies en calottes superposées ;
* un niveau gréseux, peu induré, comblant la surface précédente et formé de corps chenalisés ;
* des niveaux gréseux lités plus compacts.

Les constructions

L'implantation récifale se réalise généralement, comme on l'a vu, sur un niveau conglomératique comportant des gros galets arrondis. Les colonies de *Tarbellastraea* se servent de ce support pour réaliser des masses hémisphériques englobant le galet (Fig. 144A). L'ensemble, assez jointif assure la stabilisation nécessaire à une édification plus conséquente. Le cœur de l'édifice se compose d'un enchevêtrement assez confus de plusieurs formes coloniales, souvent contournées. Ce sont surtout des colonies en « chou-fleur » de *Porites* lamellaire (Fig. 144C) et des colonies massives, colonnaires et irrégulières de *Tarbellastraea*. Le sommet est marqué par l'élaboration d'un niveau constant entièrement consti-

Source : MNHN, Paris



1 : Grès localement conglomératiques, chenalisés. 2 Masse récifale principale. 3 : Constructions en calottes.
4 : Grès et sables à larges stratifications obliques. 5 : Barres de grès sommitales.

FIG. 143. — Le récif d'Arham Amellal.

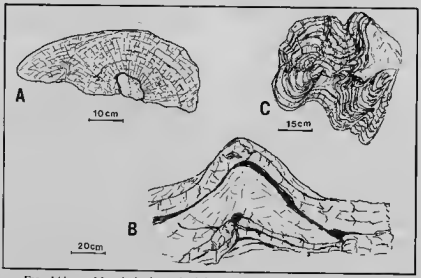


FIG. 144. — Morphologies coloniales dans le récif d'Arham Amellal.
A : *Tarbellastraea* entourant un galet.
B : Colonies en calottes superposées de *Tarbellastraea*.
C : Colonie en « chou-fleur » de *Porites* sp.

Source : MNHN, Paris

tué de colonies en calottes superposées, dues à *Tarbellastraea*, et déterminant une surface supérieure très ondulée (Fig. 143, Fig. 144B).

D'autres Madréporaires sont également présents, notamment *Siderastraea* cf. *miocenica* avec de grandes colonies légèrement convexes, d'un diamètre atteignant presque 50 cm, et *Favites* aff. *neugeboreni*, plus rare. Pour CHAIX (communication personnelle), aucun des échantillons récoltés ne correspond à *Solenastraea*. Les exemplaires de la collection CHEVALIER seraient en fait des *Tarbellastraea*. Remarquons qu'une fois de plus l'existence du genre *Porites* était passée inaperçue.

Le contenu paléontologique

Les récoltes effectuées montrent dans l'ensemble une faune bien caractéristique (Tabl. 22) où l'on remarque la présence des Bivalves perforants habituels et des Cypraeidae chez les Gastéropodes. Le sable de remplissage intercolonial renferme quant à lui quelques Foraminifères benthiques (*Ammonia*, *Quinqueloculina*) et Ostracodes lisses, de nombreuses petites espèces de Gastéropodes et surtout des colonies de Bryozoaires dressés et encroûtants en très grande abondance (dont *Lichenopora prolifera*, *L.* cf. *mediterranea*, *Tervia irregularis*). La présence d'Helicidae, déjà signalée dans ces formations (LORENCHET de MONTJAMONT, 1963a, b), témoigne d'une influence continentale dans la sédimentation.

La diversité apparente des Gastéropodes est simplement dûe à la bonne conservation des tests, exceptionnelle dans les formations récifales étudiées.

TABLEAU 22. — Faune récifale d'Arham Amellal.

MADRÉPORAIRES	
Tarbellastraea reussiana	*Siderastraea* cf. *miocenica*
Favites aff. *neugeboreni*	*Porites* sp.
BIVALVES	
Acar clathrata	*Spondylus* sp.
Lithophaga lithophaga	*Ostrea* sp.
Chlamys pusio	*Jouannetia tournoueri*
Chlamys sp.	
GASTÉROPODES	
Astraea sp.	*Trivia* sp.
Alvania sp. 1	*Cypraea* sp.
Alvania sp. 2	*Nassarius* sp.
Rissoina cf. *bruguierei*	*Oliva* sp.
Architectonica sp.	*Cancellaria* sp.
Turritella subarchimedis	*Conus* sp. 1
Cerithiella exbicarinata	*Conus* sp. 2
Perforations de Naticidae	Helicidae
CRUSTACÉS	
Balanidae : *Balanus* sp.	Décapodes : *Daira speciosa*, pinces
Creusia oraniensis	
DIVERS	
Tubes de Serpulidae	Échinodermes : Échinides (*Cidaris*), Ophiuridae
Bryozoaires dressés très abondants	« Becs » de Céphalopodes

Source : MNHN, Paris

Conclusion

Le récif d'Arham Amellal s'est mis en place dans un environnement détritique à nettes influences continentales. On peut envisager que les Madréporaires se sont développés dans une zone d'épandage fluvio-deltaïque alimentée par l'arrière-pays très proche. Un affaiblissement des apports a permis la construction d'un ensemble compact, ménageant cependant des intervalles où se dépose un sable corallien très fossilifère. La reprise du fonctionnement du « cône » détritique interrompt définitivement l'édification.

Le récif de Tazouta

Les données

Le village de Tazouta est situé sur l'Oued Zra, au SE de Sefrou. Peu après le village, la route recoupe, dans la descente vers Skoura, un bel ensemble de barres calcaires qui fait face à la Gara de Tazouta (Fig. 136). CHOUBERT (1962) y avait récolté des Polypiers qu'il rapprochait de ceux de la région d'Ahermoumou. MARTIN (1981) estime que la mer miocène n'a débordé que tardivement de la cuvette de Skoura pour s'étendre sur le plateau de Tazouta et signale également la présence de Madréporaires.

Les principales indications sont données par CHARRIÈRE & WERNLI (1984), CHARRIÈRE (1984) et WERNLI (1987). Ils relèvent la coupe suivante :

* marnes grises et rose saumon dépourvues de Foraminifères ;

* niveau de grès à stratifications entrecroisées et conglomérats chenalisés à Charophytes ;

* marnes grises coupées de barres gréseuses, pauvres avec Ostracodes et Charophytes ; vers le haut apparaissent des Foraminifères benthiques ; dans cet ensemble se développe un niveau d'accumulations de *Crassostrea* (qualifié improprement de « bioherme ») ;

* marnes jaunes à microfaune planctonique de petite taille et renfermant notamment *Globorotalia conomiozea* ;

* calcaires récifaux qui seraient cartographiquement discordants sur les séries sous-jacentes (c'est-à-dire les marnes à Foraminifères, les sables à *Ammonia*, l'horizon à Huîtres et toute la série saumâtre et continentale inférieure) et semblent reposer au NW directement sur le substratum mesozoïque ; d'autre part il y aurait, au sein de l'ensemble récifal, une seconde discordance intraformationnelle ; tout ceci témoignerait de l'existence de mouvements tectoniques contemporains de la sédimentation.

* sables fins et marnes à *Ammonia*, Ostracodes, Charophytes et localement Huîtres.

Les constructions

La formation récifale de Tazouta constitue, à l'affleurement, une des plus importantes de la bordure du Moyen Atlas. Elle se développe sur plusieurs kilomètres et se compose de barres étagées, formant une corniche très visible dans la topographie et en photographie aérienne. On retrouve là un dispositif décrit précédemment plus au Nord, de part et d'autre de l'Oued Sebou ; mais alors qu'une bonne part des affleurements y sont masqués par un ennoyage marneux, ici l'ensemble se présente presque dans sa totalité.

Les constructions sont assurées par des colonies massives de *Porites* lamellaire, de Faviidae (*Tarbellastraea?, Palaeoplesiastraea?*), tandis que se développent les gerbes caractéristiques de *Porites lobatesepta* quand les apports argileux deviennent importants. Les marnes déposées renferment alors une riche microfaune benthique, des Bryozoaires (*Sertella* sp., *Crisia hörnesi, Porella cervicornis, Entalophora proboscidea, Onychocella angulosa*), des Brachiopodes (*Argyrotheca*), des pièces d'Échinides et d'Ophiures, et des « becs » de Céphalopodes.

Conclusion

Une étude plus poussée et détaillée de cet intéressant ensemble récifal doit être envisagée car il constitue un des édifices les mieux exposés de la bordure du Moyen Atlas ; d'ores et déjà un certain nombre d'enseignements peuvent être tirés :

* La transgression du Miocène supérieur a envahi le cœur du Moyen Atlas et a constitué dans ce secteur un golfe ; divers affleurements également récifaux signalés par MARTIN (1981) à El Mehraz et Mechkar (voir Fig. 136) permettent de le relier vers le Nord à la région de Sefrou ; d'autres témoins (Arham Amellal, Ribat al Khayr) montrent son ouverture vers le NE ;

Source : MNHN, Paris

* La succession des faciés est sensiblement la même que vers El Ouata ou Bir Tam Tam ; pour WERNLI (1987) la formation corallienne de Tazouta est corrélable avec celle de Bir Tam Tam ; la présence sous le récif de *Globorotalia conomiozea* confirme un âge élevé du Miocène que MARTIN (1981) attribue au Messinien tandis que WERNLI (1979, 1980, 1987) reste plus réticent pour donner une signification sûre à ce marqueur ;

* Le développement de l'épisode récifal se réalise ici encore par la superposition de barres coralliennes ; l'existence des masses construites discordantes sur les barres stratifiées signalés par CHARRIÈRE (1984) pourrait témoigner de glissements ou arrachements partiels liés à une mobilité tectonique de l'ensemble du secteur ; l'évolution de la sédimentation qui s'achève par des dépôts de caractère confiné s'accorderait ainsi à un processus de fermeture, par basculement de panneaux, du golfe de Skoura (CHARRIÈRE, communication personnelle).

L'édification en bordure du Moyen Atlas

La transgression du Miocène supérieur a gagné largement la bordure septentrionale du Moyen Atlas au Sud de Fès. Elle semble avoir été marquée par plusieurs étapes. Dans un premier temps, une timide avancée est à l'origine d'une sédimentation laguno-marine dans les dépressions intérieures et ceci jusque dans le golfe de Skoura. Il s'agit de dépôts marno-sableux montrant un enrichissement progressif en Foraminifères. Une seconde phase correspond à la conquête partielle des paléoreliefs moyen-atlasiques bordiers, avec pour conséquence le dépôt généralisé de sédiments détritiques, grossiers vers le substratum et passant vers le bassin à des grés riches en Hétérostégines. On peut concevoir à ce moment là une paléogéographie assez compliquée se diversifiant en îles plus ou moins vastes, archipels, hauts-fonds aux dimensions et à la topographie variables. C'est dans cet environnement que se mettent en place des édifices coralliens et ceci d'une manière généralisée. Ce sont pour l'essentiel des récifs frangeants qui s'appuient sur le bord des reliefs et progressent vers l'intérieur des bassins. Cela suggère une période de stabilisation du plan d'eau. Un nouveau mouvement transgressif semble alors s'amorcer et ennoie les récifs de marnes sans toutefois déborder largement l'aire d'extension récifale. Il est évident que ces événements peuvent ne pas montrer un synchronisme rigoureux. Ainsi pour CHARRIÈRE (1984), des effondrements de grands panneaux auraient guidé la progression marine. Bien que des témoignages de ces mouvements verticaux s'avèrent difficiles à établir, le rôle d'un cadre morphostructural différencié n'en est pas moins tangible, à l'observation de l'implantation des récifs.

Contrairement à ce qui a été souvent avancé, l'élaboration récifale et la sédimentation sableuse à Hétérostégines sont rarement étroitement mêlées. En général les accumulations d'Hétérostégines se rencontrent en position distale par rapport aux édifices, et plutôt vers le Nord (Oued Ihoudi, Bir Tam Tam).

La découverte de nombreux affleurements récifaux nouveaux et surtout leur très large répartition incitent à évoquer littéralement un « phénomène récifal » généralisé aboutissant à la formation d'édifices conséquents. Ces derniers montrent une homogénéité certaine dans leur composition et leur structure. Cet ensemble se relie sans doute aux constructions connus plus à l'Ouest, dans l'Oued Kell. En effet MARTIN (1981) signale d'autres pointements à Madréporaires entre Agouraï et Sefrou. Des recherches plus approfondies sur le terrain, liées à une fouille systématique des affleurements de «mollasse» devraient permettre de mieux mesurer encore l'ampleur de l'épisode récifal.

LES ENVIRONS DE TAZA

Introduction

Les données

Les dépôts miocènes du sillon sud-rifain se réduisent notablement à l'approche du col de Touhar (un peu à l'Ouest de Taza). Cette observation a conduit un grand nombre d'auteurs à envisager à ce niveau la fermeture des communications entre les parties orientales et occidentales du bassin et plus généralement entre l'Atlantique et la Méditerranée. L'âge de cette rupture a été diversement estimé. Selon des travaux récents (CARBONEL *et al.*, 1981 ; CIRAC, 1987), le seuil de Taza, dès le Messinien, aurait scindé le sillon sud-rifain en un bassin oriental

Source : MNHN, Paris

relié à la Méditerranée et un bassin occidental ouvert sur l'Atlantique. Cependant les possibilités d'une communication plus méridionale, durant le Miocène supérieur, ont été évoquées par divers auteurs (LEBLANC, 1979). La découverte de gisements récifaux constitue un des arguments en faveur d'un « détroit » passant entre le massif du Tazzeka et la bordure septentrionale du Moyen Atlas (TERMIER, 1937 ; COLO & MORIN, 1952 ; CHEVALIER, 1962). Pour ROBILLARD (1981), la présence de « Messinien » (sens large) dès la base de la sédimentation dans la région de Taza permet d'envisager une communication entre les formations des bassins du Sais et de Guercif.

Quelques échantillons de marnes prélevés au Sud de Taza, sur des conglomérats indiquent un âge au moins tortono-messinien selon WERNLI (1987). Signalons enfin, que pour ce même auteur, des marnes coincées sous le « complexe prérifain », près du col de Touhar, auraient fourni une microfaune du Messinien supérieur, ce qui ne manque pas de soulever des questions quant à l'âge exact de la mise en place définitive des nappes et celui du « seuil de Taza »...

Les affleurements récifaux

CHEVALIER (1962), reprenant les observations et les récoltes de géologues divers (dont LORENCHET de MONTJAMONT, 1963b), indique plusieurs gisements qui jalonnent le « détroit de Tazarine », tous appartenant à la « mollasse de base ». Abondants au SE du Tazzeka, sur les deux rives de l'Oued Melloulou, ils sont ensuite plus isolés vers l'Ouest. Mais leur position altimétrique très élevée implique des mouvements néotectoniques importants et une forte action de l'érosion à l'origine de la disparition d'autres témoins éventuels. De toute manière ces faits témoignent sans équivoque de l'avancée de la transgression fini-miocène au cœur du Moyen Atlas, le massif du Tazzeka ayant probablement constitué une île durant cette période (Fig. 145).

Le gisement le plus proche de celui de Ribat al Khayr, Tazarine renfermerait « *Tarbellastraea reussiana* et *Cyphastraea coloi* ». Cette dernière espèce serait endémique. Pour CHAIX (communication personnelle) les quelques échantillons sur lesquels s'appuie cette détermination sont plus que douteux et appartiendraient plus généralement aux Faviidae.

Parmi la liste suivante établie par CHEVALIER pour les autres affleurements, certaines dénominations seraient à revoir également (*Solenastraea* et *Goniopora* par exemple) : « Favites cf. *neglecta, Solenastraea tizeroutinensis, Tarbellastraea reussiana, Tarbellastraea* cf. *conoidea, Palaeoplesiastraea turonensis* var. *tikhyaminensis, Porites* sp., *Porites* cf. *lobatosepta, Goniopora* sp. ».

Observations à l'Est de Taza

Les seuls affleurements revus sont situés directement à l'Est de Taza, autour du Dra Sidi Saada.

La série miocène repose sur le substrat liasique qui se relève nettement. Elle débute par une alternance de grès fins et de marnes. Ensuite se développent des niveaux gréseux très chargés en coquilles de *Crassostrea* et entrecoupés de passées conglomératiques. Vers le haut, un banc calcarénitique supporte un corps corallien peu épais (3-4 m). L'ensemble, très réduit aux abords du relief liasique, prend de l'épaisseur vers l'Ouest. Les constructions reposent donc presque directement sur le socle (Fig. 146) et sont assurées par des colonies massives, mamelonnées de *Porites* accompagnées de colonies moins discernables de *Tarbellastraea*.

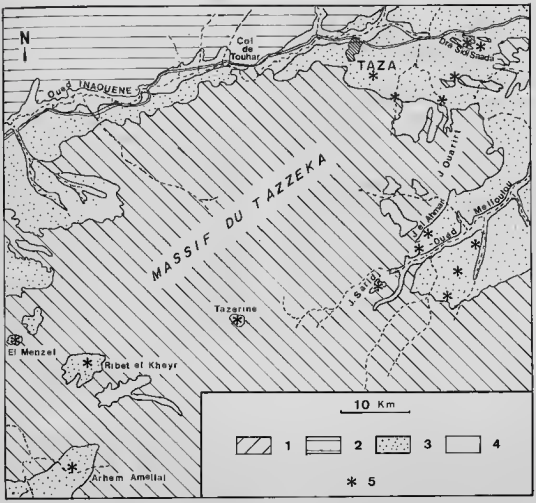
On retrouve au Dra Sidi Saada un dispositif similaire à celui décrit au Sud de Fès. Des études complémentaires permettraient de préciser la position et l'extension de tous les affleurements connus, en recenser le contenu paléontologique, apprécier les morphologies récifales et enfin déterminer leur place dans la transgression tortono-messinienne. Il paraît évident, qu'à l'instar de la région de Fès, des découvertes sont encore à réaliser.

LE SILLON ORIENTAL

Introduction

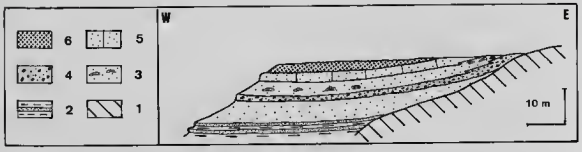
Connue sous l'appellation de couloir Oujda-Taza, la partie orientale du sillon sud-rifain est assez mal connue au niveau des formations du Miocène supérieur, surtout en raison du recouvrement plio-quaternaire. Les principales indications concernent le bassin de Guercif et les environs d'Oujda. Des informations fragmentaires parsèment cependant quelques travaux

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum anté-miocène. 2 : Complexe prérifain. 3 : Miocène supérieur.
4 : Quaternaire. 5 : Principaux gisements récifaux (d'après Chevalier, 1962).

FIG. 145. — Les affleurements récifaux dans la région de Taza.



1 : Substratum jurassique. 2 : Alternances marno-gréseuses. 3 : Grès à accumulations d'Huîtres.
4 : Conglomérats. 5 : Banc calcarénitique. 6 : Corps construit corallien.

FIG. 146. — Corps récifal corallien au Dra Sidi Saada (Taza).

Source : MNHN, Paris

(CHOUBERT, 1945 ; FALLOT, 1952 ; FALLOT *et al.*, 1952 ; LORENCHET de MONTJAMONT, 1963a, b).

Le bassin de Guercif

Le bassin de Guercif correspond à une vaste dépression que traverse l'Oued Moulouya. Les affleurements néogènes sont en grande partie masqués par les formations quaternaires. Selon COLETTA & RAMPNOUX (1975), la succession serait la suivante :

* Niveau 1 : conglomérats de base présents sur toute la bordure SW du bassin ;

* Niveau 2 : grès jaunes s'enrichissant à leur sommet en éléments pélitiques et passant insensiblement aux marnes de la formation sus-jacente ; au SW ils contiennent des Huîtres et des Pectinidae ; sur la bordure SW, ce niveau est surmonté de calcaires gréseux à faciès côtiers alternant avec des grès à nodules calcaires ;

* Niveau 3 : marnes bleues comportant des lentilles sableuses à Huîtres ; vers le sommet, au sein des marnes, apparaissent des niveaux calcaires à Cérithes et associés à des horizons de lignite ;

* Niveau 4 : formations sommitales gréso-conglomératiques et calcaires.

Pour ROUCHY (1982a), les marnes appartiendraient au Tortonien, mais il signale sans conclure la présence d'un échantillon de *Globorotalia conomiozea*. Or un sondage implanté au Nord de Guercif montre une forte épaisseur de marnes (1 800 m) dans la partie supérieure desquelles WERNLI (1987) a reconnu une microfaune proche du Messinien avec *Globorotalia conomiozea* et *G.* aff. *primitiva*. A la fin de la série l'association de Foraminifères benthiques indiquerait un milieu plus saumâtre.

Le bassin de Guercif présente donc des caractéristiques semblables à celles du sillon occidental, à savoir un épais remplissage vers le Nord de marnes tortono-messiniennes et des dépôts transgressifs sur la bordure méridionale. Pour COLETTA & RAMPNOUX (1975), les faciès côtiers passeraient aux marnes centrales. L'âge des niveaux sommitaux saumâtres à lacustres, n'est pas clairement établi ; ils surmontent une série marneuse qui monterait déjà dans le Messinien (m6aβ de WERNLI).

Les gisements coralliens cités par CHEVALIER (1962) sont situés au Sud de Guercif, en bordure des reliefs moyen-atlasiques. Ils renfermeraient les Madréporaires suivants : « *Palaeoplesiastræa romettensis, Palaeoplesiastraea columnaeformis* var. *Montjamonti, Siderastraea miocenica, Porites* sp. ».

La région de Taourirt

Dans ce secteur les rares informations disponibles montrent la présence d'une bonne épaisseur (plus de 600 m) de marnes caractérisant une série marine franche mais montrant des oscillations du plan d'eau décelables dans la composition microfaunistique. Selon WERNLI (1987), vers le milieu de la série on peut tracer la limite du M6aβ (*Globorotalia conomiozea*) et dans le tiers supérieur on passerait au M6b.

LORENCHET de *Montjamont* (1963a) et CHEVALIER (1962) citent des Madréporaires dans la « mollasse » de base (*Siderastraea* cf. *felixi*).

Les environs d'Oujda

Les données

On ne possède que peu d'informations sur le Miocène des environs d'Oujda. En effet la cuvette d'Oujda est recouverte par des formations continentales quaternaires et les produits d'une activité volcanique récente (ANDRIES, 1987).

Au Sud et à l'Est de la ville affleurent, généralement sous les épanchements volcaniques, des calcaires récifaux. La situation très orientale de ces pointements, à relier avec ceux de Sidi Zaher, de l'autre côté de la frontière, paraît particulièrement intéressante et une étude rapide (ARRONDEAU et SAINT MARTIN, 1985) avait abordé le problème de la situation stratigraphique et paléogéographique de ces corps récifaux dans les termes suivants :

« Le cachet littoral des faunes recueillies ne permet pas une stratigraphie précise, toutefois l'ensemble des caractéristiques faciologiques permet de placer ces récifs dans un cadre général tortono-messinien.

— Une première hypothèse, franchement tortonienne, ne serait pas en désaccord avec les lignes de rivage couramment admises. Elle impliquerait, par contre, un continuum dans les conditions écologiques, et leur expression biologique, entre le Tortonien et le Messinien.

— Une seconde hypothèse, identifiant stratigraphiquement ces récifs aux récifs de l'Oranie conduit, cette fois-ci à tracer

Source : MNHN, Paris

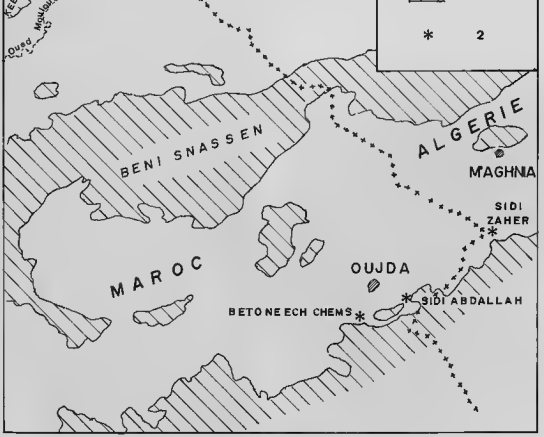
une ligne de rivage beaucoup plus méridionale que celles décrites dans la littérature.

La conclusion ne peut venir que d'une étude serrée de la microfaune de ces ensembles Marocains et Algériens.»

En réalité le problème était double. L'hypothèse d'un Tortonien même peu élevé pour ces récifs, en continuité avec ceux connus en Algérie le long du substrat jurassique jusque vers Tlemcen, remettait en cause l'évolution sédimentaire et paléogéographique esquissée en Oranie occidentale par GUARDIA (1975). Rappelons que cet auteur attribue les calcaires de Sidi Zaher au Miocène moyen « synchro-nappe ».

WERNLI (1987) se trouve confronté aux mêmes questions. Pour lui les faciès littoraux calcarénitiques à Mélobésiées sont à corréler avec les marnes grises révélées par des sondages à proximité de ces affleurements. Les marnes qui peuvent dépasser 500 m d'épaisseur vers le Nord, renferment une microfaune indiquant au moins le Tortonien supérieur dès la base et peut-être le M6aβ dans la partie supérieure. Les communications possibles de la cuvette d'Oujda avec la Méditerranée sont envisagées par WERNLI (Fig. 147) :

* passage nord peu évident, mais il s'agit d'une région mal connue, à cheval sur la frontière algéro-marocaine ;



1 : Substratum anté-miocène. 2 : Principaux affleurements récifaux coralliens.

FIG. 147. — Carte de situation des affleurements récifaux de la région d'Oujda.

Source : MNHN, Paris

* passage est vers le bassin de la Tafna problématique, mais l'âge du continental du bassin Maghnia-moyenne Tafna est encore douteux et d'éventuelles séries marines pourraient exister dessous ;

* passage ouest vers Taourirt et la Moulouya se heurtant au fait qu'actuellement on ne connaît pas de Miocène par sondage.

Les affleurements récifaux

Le socle jurassique est bordé d'une série d'affleurements à caractère récifal, depuis le SW d'Oujda (Betone Ech Chems) jusqu'à la frontière algéro-marocaine au NE (Sidi Abdallah). Ils s'alignent avec ceux connus vers Sidi Zaher selon une ligne N 50° (Fig. 147). D'aspect assez confus les édifices coralliens apparaissent dans la topographie sous forme de barres, de puissance métrique à plurimétrique, et d'extension latérale hectométrique. Vers l'Est, l'état de conservation des corps construits ne permet guère d'examen approfondi. Par contre des observations plus complètes peuvent être réalisées à Betone Ech Chems.

Les constructions récifales à Betone Ech Chems (SW d'Oujda)

Les formations récifales reposent sur le substratum jurassique par l'intermédiaire d'un niveau conglomératique grossier. Elles se présentent sous forme de corps récifaux qui semblent se développer au droit de bombements du socle (Fig. 148). A l'intérieur des corps construits, la polarité sédimentaire est peu discernable. On ne peut y observer que l'étroite imbrication d'ensembles coloniaux à Madréporaires qui atteignent leur plus grand développement là où les corps sont les plus puissants. Latéralement, les constructions sont moins abondantes, souvent limitées à *Porites* et une stratification fruste peut prendre naissance.

Les organismes constructeurs sont peu variés avec les genres *Tarbellastraea*, *Porites* et plus accessoirement *Acanthastrea*. Les Mélobésiées participent également à la consolidation de l'édifice en formant croûtes et agglomérats.

La faune d'accompagnement, révélée par le sédiment de remplissage, se compose de Foraminifères benthiques (*Amphistegina lessonii* en abondance, *Elphidium*), d'Ostracodes lisses en majorité, d'Ophiures, d'Échinides divers, de Crustacés Balanidae commensaux des Coraux (*Creusia oraniensis*) et Décapodes (nombreuses pinces), de Gastéropodes peu déterminables, de quelques Pectinidae et de Céphalopodes (« becs » fréquents).

Les éboulis et les coulées basaltiques ne permettent guère d'observer les marnes qui surmontent ou ennoyent latéralement les constructions, sauf à la faveur de quelques puits autour de Betone Ech Chems. On remarque des calcaires bioclastiques très marneux recoupés de traces bifides attribuables à des rhizoconcrétions en piliers. Peut-on y voir une manifestation de l'aggravation des conditions littorales (latérales ou postérieures au récif ?) pouvant aller jusqu'à l'installation d'une végétation de type mangrove ?

Conclusion

Les constructions récifales des environs d'Oujda montrent que la transgression du Miocène supérieur a atteint cette zone, éloignée du domaine atlantique et aussi de la Méditerranée. Elles se retrouvent en Algérie, avec exactement les mêmes caractéristiques. Il serait curieux que ces formations marines n'aient pas le même âge de part et d'autre de la frontière et que les marnes de la cuvette d'Oujda ne possèdent pas leur correspondance dans le bassin de Maghnia. Suivant cette logique, le rivage tortono-messinien pourrait se tracer sur la base des affleurements littoraux, à Madréporaires et Algues calcaires, et se suivrait sans doute jusqu'à Tlemcen. Alors qu'en est-il de la paléogéographie du Miocène supérieur entre les monts de Tlemcen et la chaîne des Sebaa Chioukh située bien plus au Nord ? Peut-on imaginer un bras de mer, situé à l'emplacement actuel de la vallée de la haute Tafna, et reliant le secteur d'Oujda (et au-delà) avec le bassin d'Oranie occidentale, dont les faciès récifaux ont été décrits précédemment ? De manière plus limitée s'agissait-il plutôt d'un couloir étroit seulement ouvert contre les reliefs du Jurassique et fermé au niveau de Tlemcen ? Une étude nouvelle, sans à priori, englobant toute cette vaste région, serait nécessaire pour répondre à ces questions.

Source : MNHN, Paris

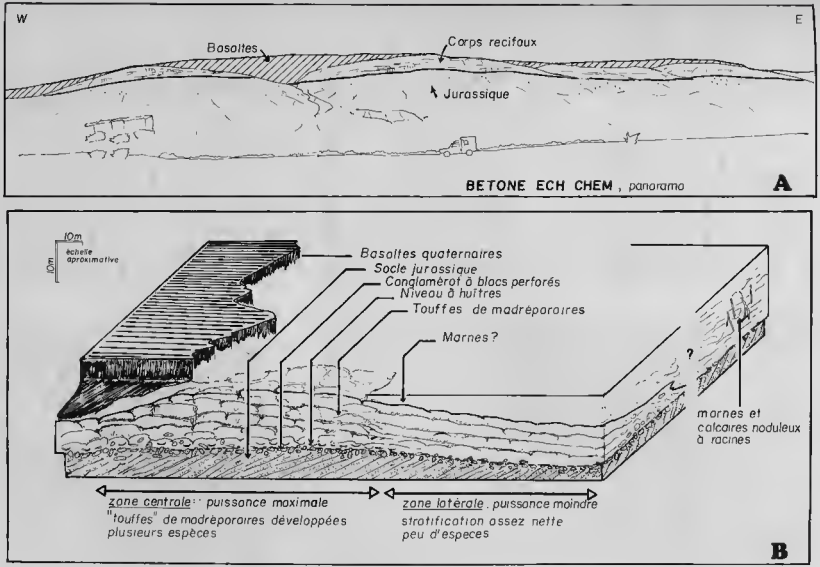


FIG. 148. — Le récif de Betone Ech Chems, situation et reconstitution (dessins de J.-P. Arrondeau).

Source : MNHN, Paris

LES BASSINS INTRAMONTAGNEUX

Introduction

Les bassins intramontagneux ou « synclinaux post-nappes » sont inclus dans le domaine rifain (Fig. 107). Il s'agit d'une série de petits bassins discontinus dont l'ensemble présente un caractère nettement arqué. Vers l'Ouest, ils constituent une guirlande qui, partant du Rharb, aboutit à Arbaa de Taourirt, au Sud d'Al Hoceima. A partir de Taza, il s'agit de minces bandes qui s'insinuent à l'intérieur du Rif en direction du Haut Kert (région de Midar). La situation de ces bassins incite à envisager une communication marine au Miocène supérieur entre Atlantique et Méditerranée, dont ils représenteraient des témoins. Pour Wernli (1987) la mer pénètre largement à la fin du Miocène (à partir du Tortonien supérieur) dans les bassins intramontagneux avec des faciès franchement pélagiques et une liaison est assurée avec la Méditerranée pendant une partie du Messinien.

Faute de reconnaissances personnelles dans cette zone, seules seront rapportées des indications d'origine bibliographique.

Les affleurements récifaux

Arbaa de Taourirt

La coupe d'Arbaa de Taourirt a été examinée par plusieurs auteurs (Frizon de Lamotte, 1982 ; Guillemin & Houzay, 1982 ; Wernli, 1987). Le petit synclinal post-nappe d'Arbaa de Taourirt est orienté parallélement à l'accident du Nekor. Il s'agit d'un premier jalon entre les formations miocènes des bassins côtiers méditerranéens et les synclinaux internes. On y observe la série suivante (de bas en haut) :

* formation détritique de base : elle débute par des conglomérats à galets bien roulés, puis les faciés deviennent plus marins avec l'établissement de colonies coralliennes ; → 5-10 m ;

* marnes grises : dés la base ces marnes, d'abord détritiques, renferment une microfaune attribuable au m6aβ (*Globorotalia conomiozea*) ; → 70 m ;

* formation gréso-conglomératique sommitale qui témoignerait d'une persistance d'influences marines. (Messinien terminal ?).

Nous n'avons aucun renseignement sur les Madréporaires, ni sur les types de construction. Ce que l'on peut retenir, c'est que l'épisode corallien se situerait à la base d'une transgression déjà datée messinienne.

La région de Midar

Situé un peu plus à l'Est, à l'extrémité sud-occidentale du bassin du Kert, vers Midar, un lambeau synclinal du Miocène supérieur a été reconnu par Morel (1980). Plusieurs descriptions en ont été données (Morel *et al.*, 1982 ; Guillemin & Houzay, 1982 ; Hervouet, 1983 ; Hervouet, 1985a, b) :

* conglomérat á galets aplatis ; → 1 m ;

* sables fins, bioclastiques, fossilifères ; → 2-3 m ;

* faluns formant une barre indurée ; → 2-3 m ;

* conglomérat ravinant le terme précédent.

L'intérêt de ce gisement réside dans sa situation et dans les faciés littoraux représentés. Des Polypiers y sont signalés (Guillemin & Houzay, 1982), sans plus de précision quant á leur nature. D'autre part les faluns renfermeraient des fragments d'Algues calcaires rapportés à *Halimeda*. Si c'est le cas, cela pourrait indiquer la proximité d'édifices coralliens, ce qui reste á vérifier.

La cuvette d'Aïn Zorah

Entre la vallée du Kert et la région Taza-Guercif la cuvette d'Ain Zorah se présente sous forme d'une étroite bande orientée NE-SW constituée partiellement de terrains miocènes. Chevalier (1962) y signale la présence de Coraux, notamment vers le Nord de la cuvette d'Ain Zorah ainsi que sur les flancs du Jebel Binet. Il y aurait d'ailleurs dans certains gisements un mélange de formes solitaires et de formes herma-

Source : MNHN, Paris

typiques. Les gisements récifaux á proprement parler renferment des genres communs : *Tarbellastraea, Palaeoplesiastraea, Porites.*

Nous ne connaissons pas exactement la situation de ces affleurements coralliens dans l'évolution sédimentaire et paléogéographique de la région. Pour Septfontaine (1983) et Hervouet (1985a, b ; 1986), ils appartiendraient à un complexe tectono-sédimentaire, daté du Tortonien supérieur (voire du Messinien), et s'insèreraient plus particuliérement dans une sédimentation deltaïque comportant des corps marno-sableux chenalisés. La formation infrallittorale glisserait au cours du Messinien sur une formation plus bathyale ; il y aurait alors remobilisation du matériel précédemment resédimenté, la resédimentation se déplaçant vers le Sud au cours du temps, c'est-á-dire vers le couloir Taza-Guercif (Hervouet, 1985a, b).

Les affleurements de Tizeroutine

Le gisement de Tizeroutine, par sa position apparemment élevée, avait retenu l'attention de Choubert (1962) qui considérait que le niveau corallien de Tizeroutine était certainement le plus récent de tous ceux qui sont connus dans le Miocéne marocain. Chevalier (1962) n'y a déterminé qu'une espéce bien particuliére, *Solenastraea tizeroutinensis.* L'examen des échantillons de référence infirment cette détermination (C. Chaix, communication personnelle). Il s'agirait plus vraisemblablement de *Tarbellastraea.* Le cadre géologique, complexe, dans lequel se réalise l'installation récifale est le même que celui évoqué précédemment (Hervouet, 1986 ; Septfontaine, 1983).

Conclusion

Les renseignements que nous possédons sur l'activité récifale corallienne dans les bassins intramontagneux restent assez fragmentaires. Ils montrent toutefois, á la fin du Miocène, la constance du phénoméne récifal qui s'inscrit toujours dans le cadre d'une phase transgressive. Les communications établies entre les domaines atlantique et méditerranéen ont donc joué pendant cette période ; le moment exact du retrait de la mer au cœur du Rif ne peut être donné avec précision, mais se situe sans doute au cours du Messinien.

LES RÉCIFS DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR DU MAROC : RÉSUMÉ

L'évolution paléogéographique au Miocène supérieur

Vers la fin du Miocéne, plus précisément á partir du Tortonien supérieur, l'ensemble du Maroc enregistre des mouvements transgressifs qui permettent au domaine marin de s'étendre assez largement, notamment sur la bordure moyen-atlasique, en débordant nettement sur les termes précédents. Cette transgression est attribuée par la plupart des auteurs á une phase distensive á l'origine de la création ou de l'approfondissement des bassins et de phénoménes de subsidence. Rien n'interdit cependant d'envisager qu'il s'agit également d'une période de haut niveau marin. En effet l'examen des formations littorales, et notamment des récifs coralliens, montre la généralisation de ce phénoméne transgressif, dans des domaines paléogéographiquement aussi différents et relativement éloignés que le sillon sud-rifain d'une part et les divers bassins méditerranéens d'autre part.

Les formations récifales constituent des marqueurs paléogéographiques de la transgression. Elles indiquent les étapes de la conquête sur le domaine continental. Elles soulignent des lignes de rivage á grande échelle (bordure du Moyen Atlas par exemple) ou de signification plus locale (îles de diverses dimensions).

Le retrait de la mer miocéne s'effectue selon diverses modalités encore discutées. Dans le Rif nord-oriental, il y aurait eu un abaissement du plan d'eau suivi d'une transgression pliocène, tandis que dans le sillon sud-rifain le Pliocéne succéderait en continuité au Messinien, avec cependant des faciés globalement régressifs.

Source : MNHN, Paris

Les problèmes de stratigraphie

Bien que cela déborde un peu le cadre assigné à ce travail, il conviendrait de formuler quelques remarques sur la conception de la stratigraphie des formations du Miocène supérieur. Tout d'abord, l'emploi systématique, et un peu irraisonné, de la dénomination de « mollasses de base » a quelque peu faussé les données du problème. Ces sédiments peuvent être hétérochrones et marquer différents stades de transgression ; de plus, on ne peut guère considérer un récif corallien bien développé comme une «mollasse ». Par ailleurs, l'utilisation des méthodes de datation biostratigraphique à partir des Foraminifères planctoniques ne règle pas tous les problèmes. D'une part, il est évident que les récifs coralliens, littoraux par définition, ne peuvent pas toujours être datés directement par des formes planctoniques. D'autre part, tant que l'on aura pas établi une correspondance certaine entre les microfaunes à influences atlantique ou méditerranéenne (ou supposées telles), il demeurera une ambiguïté en ce qui concerne la chronologie des événements. Par ailleurs, certains raisonnements semblent étonnants. Ainsi Wernli (1979, 1980, 1987), considérant que l'apparition de *Globorotalia conomiozea* pourrait ne pas être synchrone dans les domaines atlantiques et méditerranéens, l'écarte comme marqueur dans le sillon sud-rifain et le Messinien n'est plus signifié que par la présence de *Globorotalia primitiva*, forme absente de Méditerranée ! Il s'ensuit que la confusion continue à régner sur la détermination exacte du passage du Tortonien au Messinien. Avec l'échelle adoptée par Wernli on aurait tendance à penser que la transgression est plus précoce dans le sillon sud-rifain, et par conséquent les formations récifales seraient légèrement antérieures à celles du Rif nord-oriental.

Dans les environs d'Oujda, la mise en évidence conjointe de constructions coralliennes qui se poursuivent en Algérie et de marnes marines datées au moins du Tortonien supérieur débouche sur une remise en question de la stratigraphie admise en Oranie occidentale.

Les constructions coralliennes

Développement et répartition

L'ampleur exceptionnelle du phénomène récifal au Miocène supérieur représente une réalité qui n'avait jamais été bien exprimée jusqu'à présent. Rappelons la présence de constructions coralliennes dans tout le sillon sud-rifain, soit sur un front plus ou moins continu de près de 400 km de Meknès à Oujda et au-delà, dans le Rif nord-oriental entre la Moulouya et le Nekor et dans les bassins intramontagneux.

Pour Choubert (1962), très peu de constructions coralliennes pouvaient être qualifiées de récif. En réalité on sait maintenant que certains édifices montrent un grand développement. Dans le cas de Melilla il s'agit même d'un complexe récifal aux dimensions plurikilométriques. De plus l'importance démontrée de plusieurs édifices situés en bordure du Moyen Atlas constitue un élément nouveau et prouve l'intensité de l'activité constructrice corallienne.

Les types de récifs

Dans le sillon sud-rifain la plupart des constructions, quelque soit leur développement, sont élaborées au contact du substratum. Il s'agit donc de récifs frangeant des paléoreliefs très variés. La bordure moyen-atlasique aurait constitué une côte irrégulière, peu abrupte, admettant des échancrures, des golfes aux formes sans doute découpées. Plus vers le centre du sillon devait subsister un ensemble complexe d'îles isolées, d'archipels, de hauts-fonds à peine immergés. Le massif des Kebdana montre également une frange récifale mais qui forme plutôt une corniche étroite, accrochée à des pentes plus raides.

Les récifs de Boudinar et de Melilla se rapprocheraient plus de formations de plate-forme, celle-ci étant établie contre des reliefs préexistants et stabilisée par des dépôts biodétritiques et algaires (à Mélobésiées). La croissance récifale s'effectue alors jusqu'en bordure de plate-forme selon des directions divergentes d'après l'exemple de Melilla.

Les Madréporaires

Chevalier (1962), dans son étude sur les Madréporaires miocènes du Maroc, remarquait que le genre *Porites* jouait un rôle effacé et s'en étonnait quelque peu. C'était à juste raison et cela tenait au fait que l'échantillonnage qu'on lui avait confié n'était en rien représentatif. En réalité le genre *Porites* joue un rôle déterminant

Source : MNHN, Paris

dans les formations récifales au Maroc, comme en Algérie. Il est le plus résistant à toute détérioration des conditions d'environnement optimales pour la croissance corallienne. C'est le cas notamment lorsque la turbidité est trop affirmée. Comme en Algérie, il est souvent passé inaperçu et n'a pas été reconnu. C'est un des aspects qui incitent à conclure à des affinités certaines entre toutes les associations coralliennes examinées, quelque soit leur situation géographique.

Les assemblages de Madréporaires varient peu selon les gisements. Pour l'essentiel ils se composent de *Porites, Tarbellastraea, Palaeoplesiastraea* et plus accessoirement de *Siderastraea* et *Acanthastrea*. A la suite d'un nouvel examen de la collection de CHEVALIER, il apparaît que certaines espèces endémiques déterminées et créées par cet auteur, comme *Solenastraea tizeroutinensis* ou *Mioscapophyllia menzelensis* sont à revoir et à assimiler à des formes connues (*Tarbellastraea, Acanthastrea*).

Dans le Rif nord-oriental, à Boudinar et Melilla, les constructions sont monogénériques avec diverses formes de *Porites* et n'admettent que quelques colonies de *Siderastraea* ; il s'agit là d'un phénomène déjà rencontré en Algérie occidentale et dont la généralisation représente un des aspects les plus particuliers de l'édification messinienne en Méditerranée.

ÉVÉNEMENTS MESSINIENS POST-RÉCIFAUX

Le Rif nord-oriental

C'est dans la région de Melilla que la sédimentation messinienne post-récifale est la plus perceptible. Rappelons que l'édifice récifal du Cap des Trois Fourches montre des progradations de corps construits qui seraient à mettre en relation avec un déplacement négatif du plan d'eau. La bordure de l'édifice est ensuite ennoyée dans une série marno-gréseuse qui marque une évolution vers un environnement lagunaire ou fluvio-deltaïque et lacustre. L'existence de masses stromatolithiques qui recouvrent partiellement les constructions souligne la détérioration des conditions marines et aussi l'instauration d'un confinement accentué.

Sur la bordure des Kebdana, le récif est débordé et ennoyé par une formation détritique sableuse. La relation avec les dépôts post-récifaux de Melilla n'est pas évidente, faute de repères.

Le sillon Sud-rifain

Dans la partie occidentale du sillon, les récifs sont en général recouverts de marnes qui semblent marquer une accentuation du mouvement transgressif mais ne montrent pas un large dépassement de l'aire d'extension récifale. Pour CIRAC (1987), cette région évoluerait à la fin du Miocène sous un régime uniquement atlantique, à la suite de l'élévation du seuil de Taza qui, dès la base du Messinien, coupe toute communication avec le sillon oriental de la Méditerranée ; le Miocène s'achèverait par un retrait progressif de la mer d'Est en Ouest qui se poursuit durant le Pliocène. Vers Guercif, d'après les données récentes de WERNLI (1987), les marnes marines (post-récifales ?) seraient messiniennes en partie et le retrait de la mer s'accompagnerait de l'installation progressive d'un environnement lacustre.

Il reste encore beaucoup trop d'inconnues pour esquisser avec certitude une histoire de la régression fini-miocène. Est-elle consécutive à un ensemble de mouvements tectoniques relevant graduellement le Maroc septentrional ou bien à une baisse eustatique mondiale qui aurait aussi joué un rôle dans le processus qui a mené à la « crise de salinité » en Méditerranée. Ce qui est sûr, c'est que postérieurement au phénomène récifal, les communications entre Atlantique et Méditerranée se sont ralenties et sont devenues insuffisantes pour des échanges permanents, ou bien se sont interrompues complétement et ceci à un moment du Messinien qui demanderait, vu son importance, à être déterminé précisément.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

CONSTRUCTEURS ET CONSTRUCTIONS

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LES MADRÉPORAIRES

Les Madréporaires recensés

L'inventaire

Malgré l'abondance des formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie occidentale, aucun travail paléontologique n'avait été consacré aux Madréporaires jusqu'à une époque récente. Par contre, pour le Maroc (et d'autres pays comme l'Espagne et l'Italie), nous disposons des études de Chevalier (1961, 1962).

Les récoltes réalisées depuis sur le terrain ont permis de distinguer plusieurs genres ou espèces (Saint Martin *et al.*, 1980 ; Chaix & Saint Martin, 1980 ; Saint Martin & Chaix, 1981 ; Chaix, 1982 ; Rouchy *et al.*, 1982 ; Saint Martin *et al.*, 1983 ; Chaix & Saint Martin, 1984). Toutes ces déterminations ainsi que celles proposées dans ce présent travail ont été effectuées par C. Chaix qui a également largement contribué à rédiger les indications, à orientation systématique, données en complément à la monographie de Chevalier (1961).

Globalement, on peut identifier dans les formations récifales d'Algérie et du Maroc huit genres de Madréporaires constructeurs, représentant une quinzaine d'espèces :

Favites aff. *neugeboreni*
Favites sp.
Tarbellastraea reussiana
Tarbellastraea eggenburgensis
Tarbellastraea sp.
Palaeoplesiastraea
Acanthastrea (Isophyllastraea) sp.
Siderastraea crenulata
Siderastraea miocenica
Siderastraea sp.
Porites lobatosepta
Porites calabricae
Porites aff. *collegniana*
Porites sp.
Balanophyllia sp.
Palaeoastroides sp.

Répartition dans les constructions

Toutes ces formes ne jouent pas le même rôle dans l'édification et, selon les cas, y prennent une plus ou moins grande part.

Les constructeurs de la trame du récif

Les constructeurs de la trame sont représentés surtout par trois espèces : *Tarbellastraea reussiana*, *Porites lobatosepta* et *Porites* sp. Plus généralement, le genre *Porites* domine largement dans l'ensemble des édifices et constitue seul d'importantes masses récifales (Murdjadjo, Tessala en Algérie ; Melilla, Boudinar au Maroc). Cependant *Tarbellastraea* peut devenir localement le principal constructeur (Plateaux de Sidi Safi et des Ouled ben Adda en Algérie, Kebdana au Maroc).

Les constructeurs secondaires

Ce sont des formes qui accompagnent les constructeurs principaux sans atteindre leur développement. Certaines, comme *Porites calabricae*, apparaissent très fréquemment dans divers types d'édifices. D'autres espèces sont présentes, en proportions variables selon les gisements. Il s'agit de *Palaeoplesiastraea* sp., *Acanthastrea (Isophyllastraea)* sp., *Siderastraea crenulata, Siderastraea miocenica, Siderastraea* sp., *Porites* aff. *collegniana*.

Les formes accessoires

Certaines espèces coralliennes ne participent que très peu à l'édification : *Favites* sp., *Palaeoastroides* sp., *Tarbellastraea eggenburgensis*... Parfois des formes ahermatypiques, comme *Balanophyllia* sp., se développent au sein des récifs ; dans certains cas il n'a pas été possible de les déterminer, malgré leur abondance (Djebel Murdjadjo, Algérie ; Melilla, Maroc).

Description succincte des espèces

* *Favites* aff. *neugeboreni* (Reuss) : espèce cérioïde aux colonies peu élevées, à calices peu profonds et à la columelle spongieuse, peu développée.

* *Favites* sp. : espèce de morphologie cérioïde à calices assez grands, régulièrement polygonaux et septes nombreux ; elle n'est présente que dans peu de gisements.

* *Tarbellastraea reussiana* (Milne Edwards

Source : MNHN, Paris

et HAIME) : forme plocoïde aux calices circulaires, costulés, possédant trois cycles de septes et une fausse columelle, le plus souvent lamellaire, résultant de l'union des septes principaux ; elle est connue seulement dans le Miocène méditerranéen.

* *Tarbellastraea eggenburgensis* (KUHN) : espèce rare à calices très serrés, voire déformés par leur promiscuité ; la forme est sublamellaire, la columelle est spongieuse ; les échantillons correspondraient à la variété *andalousianensis* CHEVALIER figurée par CHEVALIER (1961).

* *Palaeoplesiastraea* sp. : espèce plocoïde à colonies en forme de boules ; elle se distingue facilement de *Tarbellastraea*, lorsque les calices sont bien conservés, par la couronne de pali située devant les septes principaux et par sa columelle papilleuse nette.

* *Acanthastrea (Isophyllastraea)* sp. : le plus souvent conservée à l'état de moule interne, cette espèce a été successivement attribuée aux genres *Platygyra*, *Mioscapophyllia* et *Defrancia* ; c'est une forme cérioïde pouvant, par bourgeonnement intracalicinal, donner des séries de 3 ou 4 calices au maximum ; elle se distingue en cela de *Platygyra* et de *Scapophyllia*, qui sont des formes méandroïdes à longues séries calicinales ; elle diffère de *Defrancia* par ses lames biseptales (*Defrancia* n'a que des septes) et sa columelle trabéculaire (*Defrancia* possède une columelle spongieuse) ; les différents caractères peuvent être oblitérés par la diagenèse.

* *Siderastraea crenulata* (GOLDFUSS) : espèce cérioïde à septes crénelés et columelle réduite à 1 ou 2 papilles ; elle est très voisine de l'espèce actuelle *S. radians* (PALLAS) connue aux Antilles depuis le Miocène supérieur, et ne s'en distingue que par le nombre de dents au bord distal des septes ; la morphologie est globuleuse pour les deux espèces.

* *Siderastraea miocenica* OSASCO : forme aux calices subpolygonaux de petite dimension, au bord calicinal mince et à la columelle peu développée, constituée de quelques papilles.

* *Siderastraea* sp. : cette forme n'apparaît qu'à Tzioua (Oranie occidentale) où elle participe de manière assez conséquente à la construction ; elle se distingue de *S. crenulata* par la grande taille des colonies et des calices.

* *Porites lobatosepta* CHEVALIER : espèce très répandue, formant des colonies subdendroïdes ; les calices sont cérioïdes à trois cycles incomplets de septes perforés ; le bord distal ne présente que trois dentations avec ensellement entre les deux premières ; les dents du bord interne ne sont pas paliformes et la columelle est réduite à une papille ; ces caractères distinguent *P. lobatosepta* de toutes les autres espèces.

* *Porites calabricae* CHEVALIER : cette forme se distingue des autres espèces néogènes par la présence de trois cycles, le plus souvent incomplets, et d'éléments radiaires ; la morphologie de la colonie est globuleuse, faite de lamelles superposées.

* *Porites* aff. *collegniana* MICHELIN : espèce aux colonies cérioïdes, finement lamellaires.

* *Porites* sp. : cette forme, peut-être assimilable à l'une des précédentes, ne présente aucun caractère distinct ; on la rencontre essentiellement dans les Tessala (Algérie), où elle constitue des « tapis » ou des réseaux plus ou moins laminaires.

* *Balanophyllia* sp. : mal conservés et souvent indéterminables spécifiquement, un certain nombre d'échantillons peuvent être attribués au genre *Balanophyllia* ; il s'agit de formes simples, à squelette perforé et septes disposés suivant le plan de Pourtales.

* *Palaeoastroïdes* sp : quelques colonies récoltées vers le Cap Figalo (Algérie) et ressemblant à des *Dendrophyllia* plocoïdes pourraient représenter, eu égard à la taille des calices, une nouvelle espèce.

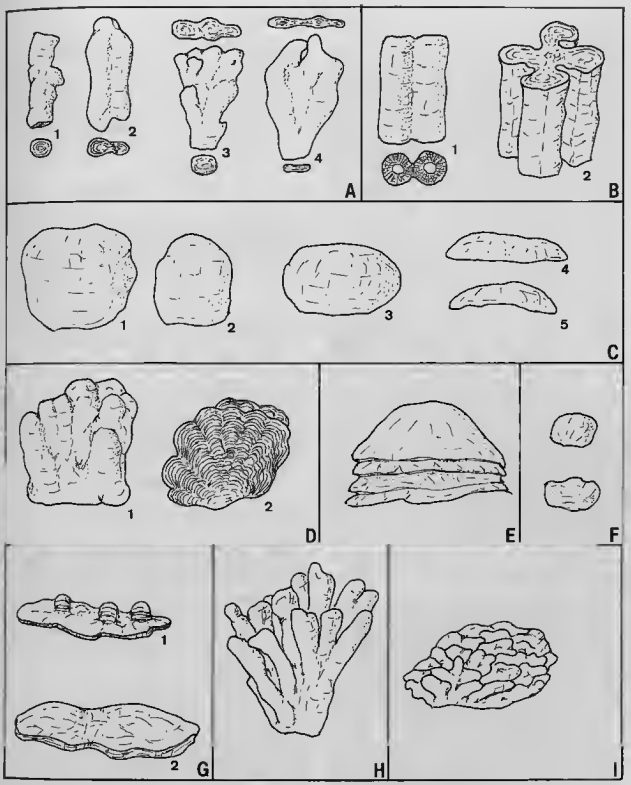
Pour certaines formes de *Porites*, il n'est guère possible, en raison de l'état de conservation, de définir l'espèce. C'est le cas des mélanges de morphologies en bâtons et laminaires latérales connues au Murdjadjo (Algérie), à Melilla (Maroc) et un peu partout dans les récifs messiniens de Méditerranée. On a vu que l'on pouvait passer des bâtons aux expansions latérales et inversement. Ces gerbes de colonies en bâtons subdendroïdes incitent, par analogie, à évoquer *Porites lobatosepta*, mais l'ensemble rappelle également *Porites collegniana*, espèce citée à Melilla par CHOUBERT *et al.* (1966).

MORPHOLOGIES DES COLONIES

Classification des morphologies coloniales élémentaires

La plupart des auteurs qui se sont penchés sur le phénomène récifal du Miocène supérieur en

Source : MNHN, Paris



A : Colonies en « bâtons » cylindriques (1), aplaties (2), subdendroïdes (3), plates (4).
B : Colonies en pilhers cylindriques jointives (1), à colonnettes coalescentes (2).
C : Colonies massives régulières subsphériques (1), en dôme (2), hémisphériques (3), plano-convexes (4), concavo-convexes (5).
D : Colonies massives irrégulières à gibbosités (1), en « chou-fleur » (2).
E : Calottes superposées. F : Colonies globuleuses. G : Formes laminaires à digitations (1), simples (2).
H : Ensemble colonial en gerbe. I : Ensemble colonial à croissance diffuse.

FIG. 149. — Principales morphologies coloniales.

Source : MNHN, Paris

Méditerranée ont accordé une place importante aux morphologies coloniales développées. En effet la reconstitution des divers édifices étudiés se base souvent sur une zonation des formes coloniales, souvent par comparaison avec des modèles actuels (généralement tirés de la province caraïbe). D'autre part, d'aucuns ont insisté sur le caractère « aberrant » des constructions á *Porites*. Avant d'en discuter, il convient d'établir une classification sommaire des morphologies coloniales observées (Fig. 149).

Colonies en « bâtons » ou en « doigts »

Ces colonies sont, quantitativement, les plus représentées. Il s'agit de bâtons au diamétre variable (entre 2 et 8 cm), plus ou moins lobés, plus ou moins cylindriques. Il existe diverses variations autour de ce type de base : les bâtons peuvent être aplatis ou épaissis, de section circulaire á ovoïde... Contrairement á ce qui a été souvent avancé, aucune de ces colonies ne peut atteindre un développement de plusieurs métres ; il s'agit plutôt d'un ensemble colonial subdendroïde constitué par bourgeonnements successifs et coalescence d'un grand nombre de bâtons. Les bâtons les plus longs (30 á 40 cm) se rencontrent en milieu vaseux, lorsque une trop forte turbidité nuit au bourgeonnement des colonies de base (Souk el Khemis, Algérie).

⇒ *Porites, Tarbellastraea*

→ Fig. 149A, Fig. 20C

Formes en colonnes ou en piliers

Il s'agit de cylindres presque parfaits, de 5 á 20 cm de diamétre, á croissance verticale, le diamétre restant constant, et atteignant jusqu'á 2 m de hauteur. Leur juxtaposition crée des armatures extrêmement denses et solides.

⇒ *Tarbellastraea, Porites* lamellaire

→ Fig. 149B

Formes massives régulières

En relation avec leur dimension et leur sphéricité plus ou moins prononcée, on peut distinguer plusieurs modalités admettant des intermédiaires :

* têtes (« heads ») ou masses subsphériques ;
* dômes ;
* formes hémisphériques ;
* formes plano-convexes (surface supérieure convexe) ;
* formes concavo-convexes (surface supérieure convexe).

⇒ *Tarbellastraea, Porites* lamellaire, *Siderastraea, Acanthastrea*

→ Fig. 149C

Formes massives irrégulières

Les contours de ces colonies apparaissent irréguliers selon plusieurs modalités :

* masses à gibbosités, masses plus ou moins lobées ;
* masses présentant des digitations ou expansions ;
* formes trés mouvantes en « chou-fleur ».

⇒ *Porites* lamellaire, *Tarbellastraea*

→ Fig. 149D, Fig. 144C

Calottes superposées

La succession de couches bombées affecte á ces colonies de dimensions métriques une forme trés caractéristique, en cloche ou en coupole.

⇒ *Tarbellastraea*

→ Fig. 149E, Fig. 144B

Formes globuleuses

Cette catégorie correspond á des petites colonies, de dimension centimétrique (maximum 15 cm) et de forme grossiérement globuleuse, qui se sont parfois développés, avec difficulté, de maniére isolée dans divers sédiments ou qui appartiennent á des genres accessoires.

⇒ *Siderastraea, Tarbellastraea, Porites, Palaeoastroides*

→ Fig. 149F

Formes plates, laminaires

La dimension et la forme exacte des colonies laminaires sont difficilement appréciables. On peut évoquer, avec prudence, l'image de « tapis » plus ou moins étendus, á épaisseur variable. En fait ces formes laminaires ne semblent que rarement isolées mais appartiennent á un ensemble colonial complexe á digitations, bâtons subdendroïdes et expansions laminaires latérales.

Source : MNHN, Paris

Dans certaines constructions cependant on distingue un réseau de « tapis » (Tessala nord, Algérie) que l'on pourrait assimiler aux formes tabulaires (dites aussi lamellaires) très abondantes dans le Paléozoïque et dont Tsien (1980) a donné des exemples caractéristiques.

⇒ *Porites* uniquement

→ Fig. 149G

Formes encroûtantes

Un véritable encroûtement de colonies de Madréporaires sur un substrat quelqu'il soit s'avère toujours délicat à définir et seulement quelques cas très isolés ont pu être observés.

⇒ *Porites, Siderastraea*

→ Fig. 20A

Formes irrégulières

Cette catégorie concerne des colonies dont le développement subit des contraintes géométriques. C'est le cas notamment des colonies intersticielles, remplissant des vides de l'armature. Cela aboutit parfois à la formation de « draperies » et contournements délicats à circonscrire dans le détail.

⇒ *Tarbellastraea, Porites* lamellaire

Les ensembles coloniaux

Certaines espèces bien particulières élaborent, à partir de colonies de base dont la morphologie vient d'être définie, des constructions relativement délimitées, que nous appellerons ensembles coloniaux.

Colonies en bâtons

Le meilleur exemple d'ensemble colonial est fourni par *Porites lobatosepta*. Les colonies en bâtons caractéristiques de cette espèce, constituent des gerbes, des bouquets, des touffes souvent spectaculaires à l'affleurement. La forme et la dimension varient amplement depuis des grandes gerbes verticales jusqu'à des bouquets inclinés, parfois horizontaux, souvent évasés. Ce type d'ensemble colonial est dû au bourgeonnement de la colonie initiale, ce qui donne naissance à un ou plusieurs rameaux eux-mêmes lobés et bourgeonnants. La structure se complique et se renforce par la réunion et la coalescence de branches distinctes. Il arrive que deux bouquets différents se rejoignent et apparemment se soudent.

→ Fig. 149H

L'assemblage des colonies digitées ou lobées de *Porites lobatosepta* conduit également à des ensembles dont le type de croissance est similaire mais le résultat beaucoup moins régulier, quoique aussi dense, donnant souvent une impression d'enchevêtrement.

→ Fig. 149I

La formation d'ensembles coloniaux en bouquets est également assurée par le genre *Tarbellastraea*. Les bâtons sont en général un peu plus épais que ceux de *Porites* et également moins subdendroïdes.

→ Fig. 130

Associations de colonies en bâtons et laminaires

L'association très étroite de modes de croissance verticale et latérale est très fréquente au sein des récifs à *Porites* et les caractéristiques en ont été précisées précédemment (Melilla, Maroc). Il s'agit donc d'un développement à deux composantes, très liées et passant indifféremment de l'une à l'autre (Fig. 121). Le problème serait d'en saisir la disposition à un moment donné. Les lamelles croissent-elles en même temps que les bâtons ou existe-t-il une contrainte écologique conduisant à la succession des deux types de croissance ?

Aux Îles Marquises CHEVALIER (1978a) décrit un ensemble colonial assez proche de celui observé dans l'Oued Medouar à Melilla, élaboré également par des *Porites* (*P. lobata*) au niveau des plates-formes extérieures abritées. Il s'agit de masses en forme de dômes élevés (4 m de hauteur) à fortes digitations et plusieurs séries parallèles de lames fortes, inclinées vers le bas. Cette morphologie résulterait d'après CHEVALIER, d'une adaptation à l'envasement (les digitations de la partie sommitale facilitent l'élimination des particules) et à la faible luminosité qui règne autour de la colonie lors de l'arrivée d'apports détritiques après des pluies abondantes. Aux Antilles, chez *Montipora cavernosa* également polymorphique on observerait les colonies à lames latérales épaisses en eau plus profonde. Dans le même ordre d'idée, ESTEBAN *et al.* (1977) suggèrent un rapprochement avec une espèce corallienne de l'Indo-pacifique, *Sinarea convexa*,

Source : MNHN, Paris

qui adopte deux modes de croissance en alternance : en période hivernale la croissance est verticale et en période pluvieuse, la turbidité diminuant la luminosité, s'élaborent les expansions latérales (JAUBERT, 1977).

Dans le cas général, l'intrication de formes verticales et latérales s'observe plutôt au cœur de l'édifice et au niveau des parois récifales, ce qui correspond au maximum de développement coralien. La répartition de cycles à pluies importantes régulières, évoquée plus haut, ne semble pas compatible avec l'évolution du climat vers l'aridification au cours du Messinien. Si l'envasement est possible pour certaines constructions périphériques (Oued Medouar), cela ne peut intervenir au niveau des fronts récifaux. D'autres voies d'interprétation sont possibles prenant en compte deux aspects essentiels : le mode de développement de *Porites* et les caractères du bâti. En effet, seule la partie supérieure des colonies en doigts est vivante chez *Porites*. Au fur et à mesure de la croissance, les parties inférieures se nécrosent rapidement, et sont secondairement occupées par toutes sortes d'organismes. Pour élever la construction, la solidifier et occuper l'espace latéral disponible (facteur très important et peu souvent invoqué), le constructeur a comme ressource de marquer des paliers plus ou moins horizontaux qui relayent efficacement l'édification. L'armature est ainsi constituée d'un système de piliers et planchers, reproduisant la structure interne d'un grand nombre de Coraux. En l'absence de compétition, puisque dès le départ l'édifice est monogénérique (et même dans ce cas monospécifique), on assisterait à la mise en place d'une stratégie pour l'occupation maximale de l'espace disponible, dépassant le cadre des conditions d'environnement locales puisque le même phénomène est observé dans un grand nombre de récifs (Algérie, Maroc, Espagne, Italie...).

La signification des morphologies coloniales

Utilisation des données actuelles

Il est classique de considérer que les morphologies coloniales sont en étroit rapport avec les diverses composantes du milieu récifal, c'est-à-dire la nature du substrat, la topographie, l'énergie des vagues ou courants, le rôle joué par les Algues Rhodophycées, le potentiel trophique et tout ce qui influe sur la luminosité optimale, à savoir profondeur, taux de sédimentation et turbidité. A la lumière des nombreuses études et synthèses portant sur les récifs actuels, il semble naturel d'essayer de déterminer l'action des divers facteurs sur les morphologies rencontrées dans les récifs du Miocène supérieur. Il faut cependant remarquer que les conceptions généralement admises sur ce sujet (Tabl. 23), privilégiant l'influence de l'hydrodynamisme et de la sédimentation, ont guidé nombre de reconstitutions de milieux récifaux anciens alors qu'il n'apparaît pas très évident, pour un récif fossile, de hiérarchiser les facteurs qui déterminent les morphologies coloniales. En réalité les morphologies coloniales développées sont, dans un cadre géologique la résultante aussi bien d'une histoire et d'un environnement globalement évolutif que de contraintes locales.

TABLEAU 23. — Conception courante sur les relations entre les formes de croissance coralliennes et l'environnement (d'après JAMES, 1979b, 1983).

FORMES DE CROISSANCE	HYDRODYNAMISME	SÉDIMENTATION
Délicates, branchues	faible	forte
Minces, délicates, laminaires	faible	faible
Globuleuses, en colonnes	modéré	forte
Robustes, dendroïdes, branchues	modéré à fort	modéré
Hémisphériques, massives, en dômes irréguliers	modéré à fort	faible
Encroûtantes	intense	faible
Tabulaires	modéré	faible

L'utilisation des données actuelles appelle donc quelques remarques préalables. En premier lieu, les observations sont réalisées sur des ***formes vivantes*** établies sur ou par rapport à un édifice déjà constitué et conduisent à une analyse de la répartition axiale des formes coralliennes (dans le sens du développement vers le large du récif). Or les récifs fossiles offrent une dimension supplémentaire en permettent plus facilement d'appréhender une répartition verticale, c'est-à-dire la succession dans le temps des divers stades d'élaboration récifale, montrant également une différenciation des morphologies (Tabl. 24). Cette succession dans le temps, que CRAME (1980, 1981) qualifie de « stratification écologique », marque les étapes vers une plus ou moins grande maturité du récif. Or la maturité d'un récif se définit

Source : MNHN, Paris

par la mise en place d'une structure d'ensemble complexe dont toutes les parties (lagon, pente interne, platier, crête algale, front, système épéron-sillon, talus proximal, talus distal, etc...) sont clairement délimitées. Cela n'est pas une évidence pour une bonne partie des formations coralliennes du Miocène supérieur méditerranéen. Dans ce cadre, PICHON (1981) détermine, selon la topographie initiale (pente ou plateforme), la succession de plusieurs stades de croissance du récif, chacun caractérisé par des types morphologiques dominants. On passerait ainsi, en relation avec l'augmentation de l'agitation vers le haut du récif, de formes massives à des formes branchues puis des formes digitées ou encroûtantes. En conséquence il est prudent de réfléchir sur la situation des colonies et ensembles coloniaux par rapport à la totalité de l'armature afin de tenter de préciser à quel ***moment*** de l'édification et quel emplacement correspondent les morphologies envisagées.

La distribution des « types morphologiques » peut avoir autant d'importance que celle d'espèces particulières (STODDART, 1969), quoique en l'occurrence la référence à des formes actuelles de *Porites* digitées, branchues ou lobées peut s'admettre. Le polymorphisme des espèces coralliennes, dû à la grande plasticité de leur squelette, est ainsi un très bon indicateur des variations des conditions d'environnement (LADD, 1950 ; YONGE, 1951 ; CLOUD, 1952 ; YONGE, 1973 ; GRAUSS *et al.*, 1977 ; KÜHLMANN, 1980). Quelques rares genres ou espèces sont par contre inféodés assez strictement au milieu, comme certains méandroïdes (formes en « cerveau »), absents dans les récifs messinien. Divers facteurs de distribution des morphologies coloniales reflètent une même réalité ; dans bien des cas, notamment dans la partie externe des récifs, profondeur et hydrodynamisme jouent un rôle conjoint, en rapport avec la capacité de résistance de la colonie (VAUGHAN, 1919).

Examen critique des interprétations déjà proposées

La réalisation de grands bouquets de *Porites* en bâtons a attiré l'attention, par son aspect souvent spectaculaire à l'affleurement, jugé même anormal ou aberrant (ESTEBAN *et al.*, 1977). Pour expliquer la forme des constructions dans les récifs à *Porites*, ESTEBAN (1979), BOSSIO *et al.* (1978, 1981) estiment, en référence avec des faits actuels, que ces Coraux aux colonies en bâtons croissaient loin des conditions optimales, que l'intensité de la lumière était faible, que probablement il y avait de fortes variations saisonnières et qu'enfin cette morphologie coloniale pourrait résulter d'une croissance rapide, peut-être occasionnée par une forte sédimentation sur une pente instable. Or il semble bien délicat d'assigner à la luminosité un rôle limitant sauf si on fait intervenir une certaine turbidité. Les caractères mêmes de la construction et l'absence d'éléments terrigènes fins dans le remplissage intercolonial incitent à écarter l'influence d'une fine sédimentation affectant l'intensité lumineuse (il s'agit par ailleurs d'un facteur important dans d'autres édifices). SANTISTEBAN (1981) remarque que ce type de morphologie s'observe chez d'autres Coraux, notamment *Tarbellastraea*. Il en conclut qu'il s'agit là d'un phénomène général, indépendant de la composition spécifique des récifs et de leur âge, et dû à une croissance vers le haut lors d'une élévation progressive du niveau marin. En toute évidence la croissance verticale implique une recherche de conditions optimales de luminosité, d'oxygénation et de potentialité trophique. C'est d'ailleurs la caractéristique essentielle de toute construction récifale. Cependant, une hausse eustatique intéresserait l'ensemble d'un édifice (et toutes ses composantes) et non pas seulement un groupe de colonies. Comme on l'a vu, les gerbes verticales de *Porites* se rencontrent au centre et surtout au front des corps récifaux. Ces constructions étant en général monogénériques il est tout à fait logique de considérer que la croissance à partir d'un talus (épandages à *Halimeda*) ou d'une pente va s'effectuer vers la surface et ce de

TABLEAU 24. — Rapport entre les phases de développement récifal, la diversité spécifique et la forme des constructeurs (d'après JAMES, 1979b, 1983).

PHASES RÉCIFALES	DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE	FORME DES CONSTRUCTIONS
Domination	faible à modérée	laminée, encroûtante
Diversification	forte	en dôme massive en lames branchue encroûtante
Colonisation	faible	branchue en lames encroûtante
Stabilisation	faible	débris de squelette

Source : MNHN, Paris

manière très homogène. Les expansions lamellaires associées servent alors de soutien et aident à l'extension latérale. Il est à noter que cette croissance en bâtons verticaux, qualifiée d'anormale, n'apparaît pas aussi stricte que les auteurs le suggèrent. Dans les récits à *Porites* d'Algérie et du Maroc, on constate une diversification de ces ensembles coloniaux amenant à la formation de véritables buissons évasés. Par ailleurs les morphologies buissonnantes caractérisent aussi certaines constructions de récifs plurigénériques. Or le développement de grandes gerbes de colonies branchues largement développées, plus ou moins soumis à des apports terrigènes, survient dans les parties internes de certains récifs récents. Cette forme de croissance peut être d'ailleurs adoptée par des genres coralliens distincts étroitement mêlés, comme pour ces buissons de *Montastraea* et *Porites* décrits par GEISTER (1984) à la Barbade. De telles convergences de forme existent également dans le Messinien, mais n'impliquent pas forcément la même situation. Dans bien des cas, il y a plutôt une certaine homogénéité dans la répartition spatiale de ces formes, puisque élaborées sur une topographie peu différenciée, l'influence de la sédimentation s'avérant encore une fois déterminante.

De nombreuses références actuelles soulignent que les formes à lames assez épaisses se développent plutôt vers le bas du talus récifal, à l'abri des vagues (PÉRÈS, 1961 ; MAXWELL, 1968 ; YONGE, 1973 ; GEISTER, 1980b). Sur cette constatation ESTEBAN (1979), POMAR *et al.* (1983) en déduisent que les colonies laminaires horizontales se rencontrent dans les parties les plus profondes du mur récifal ou dans l'ombre des colonies verticales. Dans les corps construits des récifs à *Porites* (Fig. 67), les formes plates marquent généralement la base de la construction et donc la phase de colonisation d'un substrat. C'est ce que l'on peut observer dans d'autres récifs dont les *Porites* assurent l'implantation (Oranie occidentale). On comprend qu'il s'agit là d'un phénomène assez constant et que les formes plates se situent bien à la base du front récifal mais aussi d'une grande partie du corps construit, en contact avec les niveaux sous-jacents avec lesquels elles se confondent parfois (Murdjadjo, Melilla). Le cas des ensembles coloniaux observés dans l'Oued Medouar à Melilla (Maroc) est plus complexe et a été précédemment débattu.

Certains auteurs (DABRIO, 1974, 1975 ; ESTEBAN *et al.*, 1977 ; SANTISTEBAN, 1981) décrivent des colonies de Madréporaires méandriformes hémisphériques (formes dites en cerveau). On ne peut leur assigner une signification précise, par rapport à l'Actuel, car il s'agit probablement là d'une confusion de détermination. Ces colonies sont attribuables certainement pour une grande part au genre *Acanthastrea*, forme cérioïde toujours accessoire également récoltée dans divers récifs d'Espagne.

La zonation morphologique

Les auteurs précités proposent généralement une zonation morphologique précise et nettement calquée sur des modèles observés aux Caraïbes (GOREAU, 1959 ; MILLIMAN, 1973, 1974 ; GEISTER, 1977, 1980a, b ; JAMES, 1979b ; JAMES, 1983). Ainsi POMAR *et al.* (1983) comparent le modèle de Mallorca à celui des récifs actuels des Caraïbes. Bien souvent, cette assimilation n'a pas grande signification. En effet on vient de souligner la nécessité de bien replacer les formes coloniales colonies dans le contexte plus général de l'histoire de l'édification récifale : toute zonation bien établie et interprétée doit alors s'accompagner de la mise en évidence conjointe d'un dispositif récifal classique et de sa zonation structurale. C'est la démarche inverse qui a été en général suivie, par l'utilisation de données caractérisant un bilan (une situation actuelle) pour définir une zonation de morphologies observées en réalité en divers points des édifices et à divers moments de l'édification. C'est faire abstraction totale de ce qui imprime leurs caractéristiques aux récifs actuels, à savoir notamment les variations eustatiques (pleistocènes et holocènes) et le modelé topographique initial (terrasses, surfaces d'érosions, etc...). Il est assez surprenant de retrouver ainsi dans certains modèles élaborés pour les récifs messiniens (ESTEBAN, 1979 ; ESTEBAN & PRAY, 1979, POMAR *et al.*, 1983) l'équivalent exact, avec les morphologies coloniales identiques, des terrasses pleistocènes occupées par les constructions actuelles.

En ce qui concerne les récifs à *Porites* d'Afrique du Nord (et aussi d'Espagne), on constate une certaine homogénéité des constructions et de la structure d'ensemble. Cependant, les corps récifaux progradants du Djebel Murd-

Source : MNHN, Paris

jadjo montrent, outre les gerbes de *Porites* en bâtons et l'association des formes verticales et latérales fréquemment représentées, des morphologies plus massives dûes à des *Porites* lamellaires. Leur situation, à proximité du bord du tombant récifal, est bien en rapport avec le schéma classique qui veut que les formes massives, arrondies se développent et s'adaptent sur le bord externe du platier.

Dans les récifs plurigénériques, c'est surtout la zonation morphologique verticale qui est manifeste, en liaison avec la succession de diverses communautés de Madréporaires et de l'influence de la sédimentation, détaillées plus loin. De plus le caractère généralement discontinu de l'édification, s'exprimant par une stratification très perceptible, implique une série d'épisodes ne déterminant que rarement, et le plus souvent uniquement dans les parties supérieures, une zonation bien nette.

Remarques complémentaires

L'orientation des formes branchues (surtout *Acropora palmata* et *Porites*) en fonction de l'hydrodynamisme a fait l'objet de diverses observations (Shinn, 1963 ; Stoddart, 1969 ; Grauss *et al.*, 1977 ; Kühlmann, 1980, Geister, 1980a). Il s'agirait là d'une stratégie adaptative visant à minimiser le stress hydraulique. Dans le cas de courants assez forts, c'est l'ensemble des colonies qui montre une inclinaison, dont la valeur dépend de l'intensité du courant. Or, dans les formations récifales du plateau des Ouled ben Adda (Algérie) se manifeste une orientation globale bien nette des colonnes de *Tarbellastraea reussiana* vers le Nord. L'existence de courants, peu importants mais constants, dirigés en moyenne N-S (en provenance de la plateforme externe), pourrait être à l'origine de cette inclinaison. Dans les récifs à *Porites* également, les bouquets de colonies en bâtons sont parfois inclinés. Au Djebel Murdjadjo (Algérie), dans le Ravin de la Vierge, ces bouquets sont inclinés vers le bord externe du récif tout proche et donc en fonction du sens de déferlement des vagues. Enfin de nombreux ensembles coloniaux en gerbes à *Porites* développés dans un sédiment argileux présentent également des orientations diverses qui refléteraient plutôt les modalités de croissance dans un environnement à fort taux de sédimentation que l'action éventuelle de courants.

Un des facteurs de croissance corallienne qui affectent la morphologie coloniale adoptée est l'importance des contraintes géométriques (Barnes, 1973). Toute édification récifale est le résultat de la recherche des conditions optimales de développement et de leur exploitation. Les récifs miocènes d'Afrique nord-occidentale (et ceux de Méditerranée) répondent de manière variable à cette nécessité. Dans les édifices monogénériques, la diversité des formes coloniales est réduite, de même que les phénomènes de compétition ; la seule contrainte est de s'adapter aux conditions physico-chimiques du milieu et d'occuper au maximum l'espace qui est alors entièrement disponible. Dans les récifs plurigénériques, en dehors de la réponse aux conditions d'environnement, la forme coloniale est dictée par le volume libre et les modalités de la compétition. Ce phénomène est perceptible lorsque plusieurs espèces montrent des taux de croissance différentiels. En Oranie occidentale le contrôle par *Porites lobatosepta* du développement de toutes les autres espèces représentées s'avère à cet égard particulièrement remarquable. La présence de colonies globuleuses de *Siderastraea* noyées au sein de gerbes de colonies digitées de *Porites lobatosepta* témoigne de ce phénomène. Certains récifs du Pleistocène des Caraïbes en offrent exactement la même illustration, avec des colonies « en forme de tubercules » de *Siderastraea radians* entièrement englobées dans des colonies en doigts buissonnantes de *Porites porites*, indiquant un mode hydrodynamique assez calme (Geister, 1984).

Conclusion

Si l'on attribue une signification prépondérante aux formes coloniales, on peut se passer à la limite de connaître et de déterminer les Madréporaires qui les développent. Cependant on a vu que la composition spécifique de la faune corallienne pouvait donner des éléments d'interprétation intéressants et des explications simples à des morphologies jugées « aberrantes » ou « anormales ». Comme Santisteban (1981) on ne saurait sérieusement admettre une correspondance entre la présence de ces formes subdendroïdes verticales et la « crise de salinité ».

Il est bien rare d'observer réellement dans les

Source : MNHN, Paris

récifs étudiés une zonation spatiale des morphologies coloniales entièrement comparable à celle des récifs classiques actuels ; par contre il est possible de suivre une succession dans le temps des phases d'édification et des formes coloniales les accompagnant.

Les Madréporaires et les conditions d'environnement

Les modalités écologiques de croissance des Madréporaires varient selon les genres et les espèces. Elles sont appréciables par l'ensemble des données de terrain et la référence aux faits actuels. Même pour certains genres aujourd'hui disparus (*Tarbellastraea*), il est possible de définir le comportement moyen des Coraux par rapport aux conditions d'environnement.

La nature du substrat

Substrats meubles

Les Coraux hermatypiques ont besoin de supports stables, surtout pendant la première phase de vie, après la fixation des larves (Geister, 1980). L'instabilité d'un substrat meuble représente un handicap pour l'installation récifale. Dans la plupart des cas c'est l'espèce *Porites lobatosepta* qui assume la fonction de forme pionnière. Généralement les premières colonies sont aplaties, souvent horizontales ou faiblement inclinées, les bâtons présentant plutôt des protubérances et petits lobes que des branches bourgeonnantes. Parfois il y a interaction entre les colonies de *Porites* et des coquilles d'Huîtres pour former un ensemble plus solide (Moyen Atlas au Sud de Fès, notamment à Bir Tam Tam, El Menzel...).

Ce substrat meuble peut être constitué par des marnes, cas le plus fréquent (Oranie occidentale, Moyen Atlas), ou des sables (bordure septentrionale des Tessala).

Substrats stabilisés

Dans de nombreux cas les récifs coralliens apparaissent étroitement liés aux formations à Mélobésiées qui constituent la sole récifale. Bien que l'on enregistre une certaine compétition entre ces deux types de bioconstructions, le plus souvent les Coraux se développent au détriment des Algues. Il semble évident qu'il s'agit là d'un cas très favorable d'installation des Madréporaires (*Porites, Tarbellastraea*).

On peut considérer qu'entre dans cette catégorie le paléosubstrat gréseux en plaquette des Kebdana (Maroc) et qu'épousent étroitement les colonies de *Tarbellastraea*.

Substrats durs fixes

Ce sont les substrats anté-néogènes qui sont ici envisagés. Il s'agit de calcaires, dolomies, schistes et roches vertes. En priorité s'installent des colonies de *Tarbellastraea*, secondairement de *Porites*, aux formes massives ou colonnaires. En Algérie il n'a été constaté que quelques exemples de ce type, aux environs de Bou Djebaa (bordure méridionale du Tell) et de Beni Saf (Oranie occidentale). Par contre au Maroc plusieurs cas se présentent, dans les Kebdana (Fig. 129) et sur la bordure du Moyen Atlas. Aux environs de Meknès une tentative de colonisation par des *Porites* a manifestement avorté. Les colonies, liées à quelques agglomérats d'algues calcaires, se sont installées dans les insterstices d'un substrat schisteux fortement plissé.

Substrats durs instables

Au contact avec un paléorelief anté-néogène, l'édification récifale se réalise plutôt par l'intermédiaire d'une formation détritique grossière : conglomérats ou brèches de bas de falaises. Un très bel exemple est offert à Arham Amellal, au Maroc. Les colonies de *Tarbellastraea* se servent comme support des galets et la croissance se fait autour du galet, ce qui confère une forme hémisphérique typique à la colonie. Dans les Kebdana, les colonies de *Tarbellastraea* utilisent également les galets, parfois anguleux et de grande dimension, mais s'accroissent plus rapidement vers le haut avec des formes massives et colonnaires. Notons que sur la bordure du Moyen Atlas, des colonies de *Porites* se développent également sur (et dans) des conglomérats.

La sédimentation

Bien souvent nature du substrat et sédimentation environnante sont étroitement liées. Un fort taux de sédimentation fine, de nature argileuse

Source : MNHN, Paris

ou sableuse, entraîne des risques d'envasement, une gêne pour les polypes et une perte de luminosité dûe à une trop forte turbidité. Une sédimentation détritique grossière peut provoquer des destructions partielles ou totales de colonies. Face à ces perturbations les Madréporaires sont plus ou moins adaptés et adoptent une stratégie de résistance.

Taux de sédimentation et turbidité

Actuellement, une forte teneur en particules fines en suspension est un facteur limitant de la croissance corallienne et de la répartition récifale (VAUGHAN, 1919 ; STODDART, 1969 ; SMITH, 1972 ; ENDEAN, 1973 ; THOMASSIN, 1975 ; SCHUHMACHER, 1977 ; DE ANDRADE, 1985 ; ROGERS, 1985 ; TUNNEL, 1985). Selon ENDEAN (1973) et RAT (1968), les espèces aux larges polypes (comme *Fungia*) peuvent résister à l'envasement en éliminant le sédiment par l'agitation de leurs cils ; par contre les formes à petits polypes, comme les *Porites*, en seraient incapables. De manière contradictoire, HOPLEY (1982), MILLIMAN (1974), soulignent que des Coraux comme *Porites* par action de leurs cils, combinée avec un gonflement des polypes, parviennent à éliminer le sédiment. C'est ce que soulignent également également UMBGROVE (1947) et CLOUD (1952) pour l'Indonésie. Le développement de *Porites* dans un environnement turbide est signalé par BRAITHWAITE (1971), TURMEL & SWANSON (1976), et GLYNN (1973a, b) dans des provinces biogéographiques diverses. Les formes branchues sont également mieux adaptées pour minimiser les effets de la turbidité. Ces faits s'accordent avec l'illustration qu'apportent les récifs d'Algérie et du Maroc sur la relation *Porites*/turbidité. En fait seule l'espèce *Porites lobatosepta*, par ailleurs trés proche des formes actuelles (comme *P. lobata* ou *P. californica*), est présente quand la sédimentation fine, argileuse ou marno-sableuse, prédomine.

Lorsque la sédimentation est un peu plus grossière, les Coraux peuvent mieux résister, les polypes étant moins embarrassés, et sont plus diversifiés (*Tarbellastraea, Porites*). Cependant dès que le taux de sédimentation dépasse une certaine limite se réalise l'ennoyage complet de l'édifice. Ainsi dans les Kebdana (Maroc), on constate le stress supporté par des constructions qui s'élèvent en pinacles (Fig. 127) pour lutter contre les apports détritiques ; ces derniers s'accumulent contre les flancs du pinacle et finissent par l'ennoyer ; en position distale d'autres petits ensembles récifaux en bouquets sont complètement débordés. De même près de Sig (Algérie) ou à Arham Amellal (Maroc) la sédimentation détritique perturbe ou stoppe l'édification.

Sédiments grossiers

Les constructions coralliennes sont parfois soumises à des décharges détritiques grossières, conglomératiques. Il est évident que les formes massives à squelette solide sont mieux armées pour résister (*Tarbellastraea* et *Porites* lamellaire), tandis que les formes en bâtons, plus fragiles, de *Porites* sont généralement absentes. Dans certains cas, des colonies conséquentes ont été percutées par des galets et renversées (Arham Amellal, Maroc). Cependant même si ces apports stoppent localement ou temporairement la croissance des Coraux, ces galets constituent une nouvelle base d'implantation des colonies.

L'hydrodynamisme

La proportion de formes massives ou branchues (subdendroïdes), l'orientation des colonies renseignent partiellement sur l'hydrodynamisme du milieu. Ainsi on peut considérer que de nombreuses constructions en gerbes dans les récifs plurigénériques se sont réalisées en mode assez calme. Cela correspond d'ailleurs à des épisodes de croissance ne déterminant par une véritable morphologie d'ensemble structurée.

Un autre critère serait la reconnaissance de colonies manifestement déplacées, voire retournées, à condition de vérifier qu'il ne s'agit pas d'un remaniement ultérieur (voir Boudinar ou le Taourirt Medil près de Melilla). Des faits semblables se rencontrent assez rarement. Sont à signaler toutefois quelques cas remarqués sur la bordure méridionale des Tessala en Algérie (Ain el Berd, Ain Oumata) et au Sud de Meknès au Maroc (vallée de l'Oued Kell).

Dans quelques cas (Bordure des Traras, Algérie), des accumulations localisées de fragments coralliens pourraient indiquer une action partiellement destructrice d'événements limités dans le temps (tempêtes...).

Source : MNHN, Paris

La topographie initiale

Pour évaluer la profondeur á laquelle se développent des colonies ou plus largement des constructions, la morphologie coloniale constitue un guide. Si on considére le plan d'eau comme stable, la hauteur de la construction renseigne sur la profondeur du fond colonisé. C'est d'autant plus justifié, toujours dans la même condition de stabilité du niveau marin, si on met en évidence la formation d'un platier net, arasé. Or d'une part la période tortono-messinienne est caractérisée par des fluctuations fréquentes du plan d'eau, positives et négatives, dans lesquelles s'insérent les épisodes récifaux et d'autre part il ne faut pas négliger les mouvements relatifs du soubassement (subsidence ou soulévement). Ceci dit, toute croissance corallienne qui s'effectue surtout vers le haut, avec des formes á dominante verticale comme les gerbes subdendroïdes ou les colonnes, indique clairement une recherche des conditions de luminosité, d'oxygénation et de potentiel trophique réunies vers la surface. Sur cette base, on peut ainsi évaluer á seulement quelques métres la profondeur du fond au moment de l'implantation de certains patchs (récifs de plate-forme en Oranie Occidentale). Par contre pour les récifs présentant une stratification et un étagement de l'édification, il n'apparaît guére possible de se prononcer. En ce qui concerne les corps progradants des édifices á *Porites* (Murdjadjo, Melilla), le problémé se complique par le fait qu'ils se développent sur une pente, pas obligatoirement réguliére. En moyenne donc l'édification s'est ici faite au maximum entre une dizaine et une vingtaine de métres de profondeur.

L'étude de la faune associée aux constructions offre une autre voie d'évaluation. Ce raisonnement a été testé par Moissette (1988) sur des récifs messiniens d'Algérie. A Souk el Khemis il attribue une profondeur de 20 á 40 m á des constructions á *Porites* dominant, en situation externe, en supposant que l'association de Bryozoaires relevée correspond á la base récifale (phase de colonisation). Il est possible effectivement que ces colonies se soient développées á une profondeur qui a pu avoisiner ou dépasser légérement la vingtaine de métres. L'exemple de l'Ain el Dehanne (région de Bou Zadjar) illustre également le parallélisme entre les renseignements fournis par les Coraux (colonies faiblement développées, déplacées) et les Bryozoaires pour définir un environnement littoral très agité et peut-être soumis á des apports temporaires d'eau douce.

La salinité et la température

Les Madréporaires sont des organismes sensibles aux variations de salinité. En moyenne les récifs se développent normalement avec un taux de salinité de 35 ± 5 ‰ avec toutefois certaines tolérances pour des basses ou fortes salinités (Cotter, 1965 ; Stoddart, 1969 ; Kukal, 1971 ; Rosen, 1971 ; Endean, 1973 ; Milliman, 1974 ; Hopley, 1982). La relation entre turbidité et apports d'eau douce au débouché des cours d'eau est souvent évoquée (Wiens, 1971). Le genre *Porites* semble l'un des Coraux les plus résistants aux conditions extrêmes (Vaughan, 1919 ; Kinsman, 1964 ; Braithwaite, 1971 ; Downing, 1985). Ainsi *Porites* survivrait á des taux de salinité variant entre 19 ‰ et 48 ‰. *Siderastraea* montrerait également une bonne résistance á des faibles salinités.

Comme nous le verrons, le facteur salinité a quelquefois été mis en relation avec l'oligospécificité des constructions messiniennes á *Porites*. Il s'agirait lá d'un phénoméne global affectant l'ensemble de la population de Madréporaires. Plus localement, il est difficile de mettre en évidence des variations de salinité. Certaines observations (Boughioul, Maroc) suggéreraient des influences saumátres, en rapport d'ailleurs avec des apports turbides, révélées par la microfaune benthique, et affectant des constructions á *Porites*.

Bien que facteur important pour les Coraux l'action de la température demeure plus délicat á établir, sinon au niveau des associations.

Les interactions biotiques, la compétition

Dans un récif corallien la conquête de l'espace afin d'obtenir les meilleures conditions de luminosité, de substrat ou d'alimentation détermine les rapports entre les espéces constitutives de l'édifice (Barnes, 1973 ; Connell, 1973 ; Endean, 1973 ; Glynn, 1973b ; Grassle, 1973 ; Geister, 1980a). Certaines espéces adoptent des stratégies d'agression caractérisée et ainsi s'établit-il une hiérarchie. Dans celle-ci, *Porites* occuperait une

Source : MNHN, Paris

place inférieure (LANG, 1973; COPE, 1981). Cependant, comme le souligne GEISTER (1980a), les colonies branchues en s'élevant par leur croissance distale évitent l'encroûtement par d'autres formes et tendent à ombrager également les colonies massives. Un taux de croissance élevé en est une autre réponse. Dans un récif fossile, les preuves manifestes de compétition s'avèrent difficiles à déterminer. Par contre de nombreux récifs illustrent les effets d'une croissance différentielle et des diversités morphologiques. On observe souvent l'englobement total de colonies hémisphériques à subsphériques de plusieurs Madréporaires (*Tarbellastraea reussiana, Porites calabricae, Acanthastrea* sp.) par des colonies en bâtons de *Porites lobatosepta*. Ce phénomène apparaît de manière très spectaculaire dans les affleurements d'Oranie occidentale.

Impacts divers, pathologie

A partir d'équilibres endémiques, toute introduction microbienne « catastrophique » peut entraîner la destruction au moins partielle des formes végétales ou animales des récifs les plus vulnérables à ce genre d'infestation. Des exemples actuels de « maladies » affectant les récifs coralliens ont été décrits (Antonius, 1981a, b ; Rogers, 1985). Il s'agit cependant d'un facteur très difficile à apprécier dans les édifices anciens.

Conclusion

L'environnement récifal est l'un des plus complexes et le rôle conjoint de très nombreux facteurs marque les caractéristiques de chaque édifice corallien. Il est remarquable de noter que le stress provoqué par les variations de ces divers facteurs, parfois conjuguées, affectent moins *Porites* que les autres genres de Madréporaires (Tabl. 25). Cette capacité d'adaptation de *Porites* fournit une clé à la compréhension des communautés coralliennes au Miocène supérieur en Méditerranée.

Les associations de Madréporaires

Introduction

L'analyse et la signification des assemblages de Madréporaires s'appréhendent à plusieurs niveaux :

TABLEAU 25. — Adaptation des Madréporaires des récifs du Miocène supérieur aux facteurs d'environnement.

ENVIRONNEMENT	MADRÉPORAIRES	MORPHOLOGIES
Forte turbidité	*Porites lobatosepta*	bâtons en gerbes
Fort taux de sédimentation :		
fine, argileuse	*Porites lobatosepta*	bâtons en gerbes
moyenne	*Tarbellastraea*	massives, colonnaires
	Porites lamellaire	massives, colonnaires
Apports détritiques grossiers	*Tarbellastraea*	massives
	Porites lamellaire	massives
Variations de salinité	*Porites lobatosepta*	bâtons lobés
Fort taux de croissance	*Porites lobatosepta*	bâtons en gerbes

* globalement : association typique d'un étage ou d'une zone biostratigraphique donnée, d'une province paléobiogéographique (par exemple le domaine méditerranéen) ; les conclusions s'inscrivent dans l'histoire mondiale du fait récifal ;

* à l'intérieur d'un domaine géographique : associations coralliennes caractérisant des édifices ou des groupes d'édifices ; cela implique la mise en évidence de différenciations régionales ou locales ; on doit faire appel alors aux facteurs généraux (température, salinité, nature du substrat, oxygénation, courants, etc...) régissant l'installation et le développement des récifs ;

* à l'intérieur d'un édifice : répartition horizontale et verticale des assemblages ; détermination des conditions écologiques internes locales physico-chimiques et biotiques (turbidité, profondeur, hydrodynamisme, compétition, etc...).

A partir des observations réalisées sur un grand nombre d'édifices on peut essayer de dégager les conditions qui règlent les associations de Madréporaires dans les différentes formations récifales et leur évolution spatio-temporelle. Inévitablement va se poser le problème de l'interprétation des récifs monogénériques à *Porites*. L'importance et l'intérêt paléoécologique liés à la résolution (ou du moins à une tentative d'interprétation) de cette épineuse ques-

Source : MNHN, Paris

tion a nécessité de lui consacrer un développement particulier. Les caractéres du phénoméne récifal au Miocéne supérieur en Méditerranée seront abordés un peu plus loin, aprés une revue des édifices connus dans ce domaine.

Les phases d'édification

La réalisation d'un édifice récifal passe par plusieurs stades dont JAMES (1979b, 1983) a résumé les principales caractéristiques (Tabl. 24). Il s'agit lá d'un schéma théorique, certains stades pouvant manquer. Cela se traduit au niveau des assemblages de Coralliaires par la succession de constructions montrant une plus ou moins grande diversité spécifique. A partir de l'exemple de récifs du Pleistocéne de la côte du Kenya, CRAME (1980, 1981) a montré une stratification des peuplements coralliens dépendant d'une part de la nature du substrat de base et d'autre part de possibles perturbations (physiques ou biotiques) dans la succession ; il distingue ainsi plusieurs couches de colonisation. Dans nombre des récifs miocénes d'Algérie et du Maroc le jeu des successions se relie bien souvent á des fluctuations du plan d'eau et des variations dans la sédimentation.

Phase de préparation ou de stabilisation

L'implantation récifale corallienne dépend normalement de la stabilisation du fond. A cette phase les Madréporaires ne participent pas toujours. Ainsi les Mélobésiées, en constituant une couche homogéne (semelle) épaisse, favorisent la croissance corallienne. La plupart des grands édifices messiniens se sont établis de cette façon. Cependant quelques colonies de Madréporaires (*Tarbellastraea, Porites*) apparaissent isolées dans la masse algaire.

Dans d'autres cas l'instabilité des fonds meubles nécessite une phase de préparation (SAINT MARTIN, 1984) caractérisée par un calcaire marneux grossier, parfois lumachellique, renfermant des éléments dispersés de Coraux (par exemple *Tarbellastraea* au plateau des Ouled ben Adda, Algérie).

Sur des substrats durs, anté-néogénes, cette phase n'existe pas, la colonisation s'effectuant directement.

Phase de colonisation

La colonisation du milieu par les Madréporaires, guidée par la nature du substrat et la sédimentation, conditionne directement, outre l'édification récifale, la composition des assemblages coralliens :

* substrat meuble et fort taux de sédimentation terrigéne fine : uniquement des colonies de *Porites* en bâtons subdendroïdes souvent aplaties vers la base ;

* substrat meuble et faible sédimentation : *Porites* branchus, et formes massives de *Porites* lamellaire et de *Tarbellastraea* ;

* substrats grossiérement détritiques (conglomérats, bréches) : *Tarbellastraea* et *Porites* lamellaire á formes massives subsphériques ou hémisphériques ;

* substrats durs : *Tarbellastraea* et secondairement *Porites* lamellaire.

Dans les deux derniers cas la colonisation peut se réaliser avec une sédimentation détritique plus ou moins grossiére (cas des Kebdana, Maroc).

Il va sans dire que dans les récifs monogénériques le problème de la diversité corallienne ne se pose pas, seules les morphologies coloniales indiquent les diverses phases d'édification.

Phase de diversification

Avec la phase de colonisation se constitue la base solide de l'édifice. Si les apports sédimentaires n'apportent pas de restriction aux conditions d'environnement, les assemblages de Madréporaires se diversifient en espéces et en formes coloniales. En voici quelques exemples bien caractéristiques :

* Oranie occidentale (Algérie) : dans les Sebaa Chioukh et les Beni Ouarsous la base de la construction est toujours marquée par des ensembles de colonies en gerbes de *Porites lobatosepta* dans un sédiment argileux ; ensuite se développent *Porites calabricae, Tarbellastraea reussiana, Acanthastrea* sp., *Siderastraea* sp. ;

* Moyen Atlas au Sud de Fés (Maroc) : les constructions récifales sont nettement stratifiées ; les colonies de *Porites lobatosepta* se développent au sein de marnes sableuses á Huîtres et constituent seules plusieurs niveaux ; au dessus apparaissent *Tarbellastraea* et *Acanthastrea* ;

Source : MNHN, Paris

* Kebdana, Arham Amellal (Maroc) : les colonies de *Tarbellastraea* assurent la colonisation, généralement sur des niveaux conglomératiques à gros galets anguleux ou arrondis ; puis on trouve des colonies de *Porites* lamellaires, de *Siderastraea* et d'autres formes coloniales de *Tarbellastraea*.

Toutefois ces séquences peuvent se répéter : ainsi en Oranie occidentale, des apports argileux intermittents provoquent le retour de constructions dominées par *Porites lobatosepta* suivies d'une nouvelle diversification...

Il arrive que cette phase de diversification, pour des raisons pas toujours évidentes, semble absente. C'est le cas des masses construites du plateau des Ouled ben Adda (Algérie) où l'espèce *Tarbellastraea reussiana* domine continuellement, les autres formes demeurant relativement secondaires dans l'armature. Il faut peut-être invoquer ici la faible puissance (quelques mètres) des édifices.

Phase de dominance

Pour James (1979b) cette dernière phase correspond à des changements assez brutaux avec la dominance des formes laminaires et encroûtantes dont il n'y a que peu d'exemples probants dans les récifs du Miocène terminal. Ce n'est pas sans signification. Cette absence indiquerait que les récifs ne parviennent pas à une évolution comparable à celles d'édifices actuels ou anciens «classiques». A cet égard la pauvreté en espèces constructrices est déjà une particularité.

La répartition horizontale

Ainsi qu'il a été déjà dit à propos des morphologies coloniales, définir une répartition spatiale des Madréporaires consiste également à circonscrire les différentes zones du récif. Or peu de constructions montrent une telle différenciation. Les édifices conséquents présentant de manière évidente platier, front récifal et talus sont monogénériques. Toutes les autres formations coralliennes, plurigénériques, pourtant très répandues, n'atteignent pas un stade de développement tel que l'on puisse observer une réelle diversification des assemblages selon une zonation horizontale.

Classification des récifs en fonction de la diversité corallienne

La classification d'Esteban

Esteban (1979) a établi une classification des récifs coralliens du Miocène supérieur de Méditerranée basée sur la composition générique des édifices. Il distingue :

* récifs de type A : les constructeurs dominants peuvent être *Porites, Tarbellastraea, Montastraea* et d'autres comme *Palaeoplesiastraea, Siderastraea, Acanthastrea...* ; soit au total 5 à 15 espèces ;
* récifs de type B : *Porites* est le constructeur exclusif.

Les récifs A seraient tortono-messiniens tandis que les récifs B seraient nettement messiniens. En effet selon divers auteurs (Esteban *et al.*, 1977 ; Esteban & Giner, 1977a, b ; Esteban & Pray, 1979 ; Esteban, 1979), il y aurait interstratification des constructions coralliennes à *Porites* et stromatolithiques à Santa Pola en Espagne ; les récifs B auraient donc poursuivi leur développement pendant la « crise de salinité » et par conséquent tous les récifs à *Porites* caractériseraient un Messinien déjà élevé. Or à la suite de divers travaux (Bernet *et al.*, 1980 ; Monty *et al.*, 1980 ; Rouchy, 1982a ; observations personnelles) on sait que le complexe carbonaté stromatolithique est postérieur au récif corallien et en est d'ailleurs séparé par une discontinuité (karstification).

Le stock corallien étant déjà réduit au Tortonien, les moindres variations d'environnement provoquent une réduction drastique des espèces. On ne peut assigner une signification stratigraphique à un événement dont l'origine est d'abord d'ordre paléoécologique. Il est sûr par contre que la disparition des récifs en Méditerranée est due à des causes plus globales.

Classification proposée

Cette classification est établie sur la base des constructeurs principaux de la trame récifale :

Récifs plurigénériques

— diversifiés
  * constructeurs principaux : *Porites, Tarbellastraea*
  * constructeurs secondaires : *Palaeoplesiastraea, Acanthastrea, Siderastraea*
  * formes accessoires : *Favites, Palaeoastroides*
  ⇒ nombre d'espèces présentes : 5 à 10

Source : MNHN, Paris

- Algérie : Sebaa Chioukh, Beni Ouarsous, Mersat Zouanif, Beni Saf, Sidi Safi, Kerouiis, Bou Zajar-Cap Figalo, Tessala Sud
- Maroc : Agouraï, Arham Amellal, Tazouta, El Menzel, Oujda, Kebdana

– à genre dominant :
* contructeur principal : *Tarbellastraea* ou *Porites*
* constructeurs secondaires : *Porites* ou *Tarbellastraea, Acanthastrea, Siderastraea*
⇒ nombre d'espèces présentes : 5-6
- Algérie : Plateau des Ouled ben Adda, Souk el Tnine
- Maroc : Bir Tam Tam, Boughioul (Sefrou)

+ Récifs monogénériques
— oligospécifiques
* constructeur principal : *Porites lobatosepta, P. calabricae, P. collegniana*
* formes accessoires : *Siderastraea, Tarbellastraea*
⇒ nombre d'espèces présentes : 3 á 5 (?)
- Algérie : Murdjadjo
- Maroc : Melilla (?), Boudinar

– monospécifiques
* constructeur principal : *Porites* sp.
* forme accessoire : *Siderastraea*
⇒ nombre d'espèces présentes : 2
- Algérie : Bordure septentrionale des Tessala

Conclusion

La différenciation dans les associations coralliennes, et aussi dans les morphologies coloniales est déterminée essentiellement par les conditions locales d'environnements. Pour cette raison il apparaît trés délicat de séparer un édifice, quelque soit sa dimension, de son contexte.

Globalement il existe au Miocène supérieur un assemblage potentiel de Madréporaires. Il est essentiel de remarquer qu'il est constant dans toute la Méditerranée aussi bien dans les secteurs á influence atlantique (Sillon sud-rifain occidental) que dans la partie orientale (Buchbinder, 1977a, b).

LES AUTRES ORGANISMES CONSTRUCTEURS

Les constituants de l'armature récifale

Un certain nombre d'organismes participent á la cohésion de l'armature récifale corallienne selon deux modalités essentielles : encroûtement et remplissage des cavités et interstices. Ces mêmes organismes peuvent aussi séparément réaliser des bioconstructions d'ampleur variable.

Les algues Rhodophycées

Le rôle des Algues Mélobésiées dans les récifs coralliens n'est plus á souligner. Elles assurent á l'édifice, notamment vers la zone externe des récifs (crête algale), une bonne résistance vis-à-vis des facteurs hydrodynamiques, elles permettent de combler en partie les vides de la trame récifale et cimentent des débris divers (Bablet & Cayet, 1972 ; Chevalier, 1978 ; Ghose, 1977 ; Goreau *et al.*, 1979 ; Kornicker & Boyd, 1962 ; Kukal, 1971 ; Lucas, 1970, 1973 ; Pérès, 1967 ; Schuhmacher, 1977 ; Thomassin, 1982 ; Yonge, 1951).

Dans les constructions où dominent les *Porites* en bâtons, les Mélobésiées encroûtent les parties inférieures nécrosées des colonies. Elles constituent ainsi souvent une pellicule qui peut recouvrir presque uniformément le squelette corallien. A Souk el Khemis (Oranie occidentale, Algérie), A. F. Poignant (communication personnelle) a reconnu les genres *Mesophyllum, Archaeolithothamnium, Lithoporella.*

D'autres édifices montrent une participation plus importante des Algues calcaires. Ainsi les espaces étroits laissés libres entre les colonnes de *Tarbellastraea* au Douar Sidi Bou Azza (plateau des Ouled Ben Adda, Algérie) sont-ils remplis de Mélobésiées dans le tiers supérieur de la construction assurant de cette façon un colmatage presque total.

De manière générale, les Mélobésiées sont partout présentes dans les récifs coralliens du Messinien d'Algérie et du Maroc, mais n'ont jamais fait l'objet d'études particulières.

Les Bryozoaires

Dans un récif, les Bryozoaires jouent un rôle similaire á celui des Algues calcaires. Selon Cuffey (1972, 1977), bien que ne bâtissant pas le cadre du récif, les Bryozoaires en renforcent la masse par leurs encroûtements et leur développement en divers points de la trame. Plus précisément, les Bryozoaires s'incrustent sur les blocs

Source : MNHN, Paris

coralliens, remplissent les interstices ou occupent partiellement les cavités intracoralliennes.

On retrouve ces caractéristiques dans les récifs du Messinien. La présence des Bryozoaires y est constante. Ce sont les membraniporiformes qui prédominent (MOISSETTE, 1987) avec diverses formes (Tabl. 28). Ces dernières sont souvent abondantes à la surface des squelettes des colonies de *Porites*. Cependant la participation de ces encroûtements à la cohésion générale de l'édifice est sans doute réelle, mais assez limitée, du même ordre que pour les organismes épilithes fixés par cimentation sur le squelette corallien (Ostreidae, Spondylidae, Chamidae...).

Les Annélides

Les tubes de Serpulidae sont fréquents à la surface des squelettes coralliens. Ils appartiennent à l'abondante faune épilithe, plus particulièrement développée sur les colonies de *Porites*. Ils peuvent en outre former de petites accumulations dans les espaces intercoralliens ou au sein des sédiments biodétritiques à *Halimeda* (Melilla, Maroc), contribuant ainsi très partiellement à la construction. Dans certains cas, il semble que ces assemblages d'Annélides tubicoles aient favorisé la stabilisation du substrat meuble et guidé l'implantation corallienne.

Les Vermetidae

Dans les constructions coralliennes du Messinien les Vermetidae sont toujours présents mais en général peu développés. Comme les organismes précédents ils contribuent à la cohésion de l'armature récifale grâce notamment à la réunion de plusieurs coquilles dans les espaces intercoloniaux.

LES BIOCONSTRUCTIONS INDÉPENDANTES

Les algues Rhodophycées

Des puissantes formations carbonatées riches en Mélobésiées se sont développées au Miocène supérieur en Afrique du Nord (mais aussi sur toute les marges méditerranéennes). Connues sous l'expression de « Calcaires à Algues », elles résultent autant de l'activité bioconstructrice des Mélobésiées (ROUCHY *et al.*, 1986) que de processus de bioaccumulations (SAINT MARTIN & ROUCHY, 1988). Les bioconstructions à Mélobésiées s'organisent en fonction de divers paramètres dont la nature du substrat, la profondeur et l'hydrodynamisme (BOSENCE & PEDLEY, 1979, 1982), en déterminant des biotopes utilisés par nombre d'autres organismes. Une association avec des Bryozoaires encroûtants contribue à la cohésion de l'ensemble (MOISSETTE, 1988). L'activité de ces Algues s'avère déterminante en de nombreuses occasions, en guidant l'implantation des récifs coralliens. En effet les couches algaires contribuent de façon prépondérante à la constitution de plates-formes carbonatées et représentent ainsi un soubassement très favorable à l'installation des Madréporaires (Ouled ben Adda, Murdjadjo, Tessala en Algérie). La formation à Mélobésiées la plus étendue affleure sur la bordure méridionale du bassin du Chelif selon une frange continue d'une centaine de km de longueur, sur une largeur d'environ 4 km.

Les Annélides et les Vermetidae

En quelques occasions les Annélides tubicoles ont pu réaliser des masses suffisamment bien développées pour que l'on puisse évoquer des bioconstructions. Plusieurs modalités sont observables :

* bioconstructions établies à proximité des édifices coralliens ; c'est le cas de ces niveaux épais de plus de 2 m, à tubes verticaux, très rapprochés, formant une armature dense, et qui relayent les constructions coralliennes au Djebel Keroulis près d'Ain Temouchent en Algérie ; les affleurements du Djebel Tzioua dans le même secteur montrent des faits analogues, les flancs des masses coralliennes étant colonisés par des Annélides tubicoles et des Vermetidae dont l'assemblage apparaît cependant moins cohérent ;

* bioconstructions indépendantes ; il s'agit en fait de la prolifération sur des plates-formes d'Annélides tubicoles, en général peu avant l'édification corallienne ; observées sur les Tessala (Algérie) et à Melilla (Maroc), ces accumulations de tubes appartenant sans doute à des Serpulidae peuvent constituer des amas très épais (10-15 m) ; dans certains cas les tubes encore en place constituent des gerbes formant des petits dômes bien circonscrits ; le plus souvent les tubes ont été renversés et peuvent montrer des orientations préférentielles.

Source : MNHN, Paris

De même les Vermetidae, Gastéropodes particuliers, peuvent, par juxtaposition de leur coquille, constituer de véritables bioconstructions (Focke, 1977 ; Laborel, 1977). Cependant on peut les trouver associés avec des Serpulidae pour constituer des petits « bancs ».

Les Cyanobactéries

L'activité bioconstructrice des organismes cyanobactériens se manifeste par la réalisation de diverses masses stromatolithiques, localement d'épaisseur plurimétrique, laminées, en coupoles de taille variable qui moulent souvent une ancienne morphologie récifale (Rouchy, 1982a ; Rouchy *et al.*, 1986 ; Saint Martin & Rouchy, 1988). Dans tous les cas, ces stromatolithes se sont formés postérieurement à l'édification corallienne, sous un régime d'eau confiné, dans un milieu écologiquement appauvri. Les constructions stromatolithiques les plus conséquentes en Afrique du Nord se rencontrent dans le bassin de Melilla où elles se développent sur une dizaine de mètres d'épaisseur et admettent des intercalations d'accumulations à Cérithidae et Serpulidae. Cependant on connaît également des ensembles stromatolithiques très imposants en Espagne, à Santa Pola, recouvrant par l'intermédiaire d'une surface d'érosion et de karstification un édifice corallien (Monty *et al.*, 1980 ; Rouchy, 1982a ; Rouchy *et al.*, 1986) ou à Nijar (de la Chapelle, 1988).

Source : MNHN, Paris

L'ÉCOSYSTÈME RÉCIFAL DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LA FAUNE RÉCIFALE ASSOCIÉE

La microfaune

Introduction

Il ne sera envisagé ici que la microfaune observée à l'intérieur des constructions récifales elles-mêmes, livrée par le lavage du sédiment de remplissage ou révélée dans les lames minces. L'essentiel des remarques exposées est tiré d'un travail effectué sur la microfaune récoltée en Oranie occidentale (Guernet *et al.*, 1984) et des indications fournies par M^me^ A. Poignant (communication personnelle).

Les Foraminifères

La microfaune de Foraminifères est en général dans un très mauvais état de conservation. Elle est recristallisée et beaucoup de spécimens sont réduits à l'état de moules internes, en particulier les Miliolidae. Cela ne facilite évidemment pas les identifications. Il s'agit en grande majorité de benthiques. Les rares Foraminifères planctoniques sont représentés par des Orbulines et des Globigérines de petite taille.

Les Foraminifères benthiques recensés (Tabl. 26) sont caractéristiques de dépôts de faible profondeur liés à la zone infralittorale. Parmi les plus fréquents on trouve des espèces à vaste répartition stratigraphique et biogéographique et peu significatives, comme *Ammonia beccarii, Ammonia punctato-granosa, Elphidium crispum, Nonion commune*... Il faut noter l'absence apparente des Foraminifères encroûtants, abondants dans les récifs actuels.

Les grands Foraminifères sont des formes plus significatives d'un environnement récifal. C'est le cas de l'espèce *Amphistegina lessonii* abondante à Oujda (Maroc), et connue aussi bien dans les eaux protégées de la Grande Barrière d'Australie (Murray, 1973) qu'aux Bahamas ou au Honduras (Cebulski, 1969 ; Ghose, 1977 ; Phleger, 1960). Les Hétérostégines se rencontrent également actuellement dans les récifs coralliens. Au Miocène supérieur en Méditerranée, ces Foraminifères constituent d'importantes accumulations précédant l'épisode récifal (Moyen Atlas au Maroc et Murdjadjo en Algérie par exemple), mais ne se trouvent que très rarement dans les constructions coralliennes.

Tableau 26. — Foraminifères benthiques des récifs messiniens d'Algérie.

Foraminifères benthiques	Sebaa Chioukh	Souk el Khemis	Pont de Sabonne	Sidi Samegrane	Tzioua	Sidi Bou Azza
Textularia pseudorugosa	*					
Textularia halkyardi					*	
Textularia articulata					*	
Dorothia gibbosa		*				
Spiroloculina dilatata	*					
Spiroloculina sp.						*
Adelosina pulchella	*					
Quinqueloculina triangularis	*					
Quinqueloculina laevigata						*
Quinqueloculina sp.						*
Cycloforina cf. *candeiana*	*					
Cycloforina cf. *rugosa*	*					

Source : MNHN, Paris

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES	Sebaa Chioukh	Souk el Khemis	Pont de Saboune	Sidi Samegrane	Tzioua	Sidi Bou Azza
Cycloforina contorta			*			
Pyrgo bulloides	*					
Pyrgo oblonga					*	
Triloculina cf. *marioni*	*					
Triloculina tricarinata	*					
Triloculina trigonula	*					
Triloculina angularis				*	*	
Triloculina sp.						*
Sinuloculina consobrina			*	*	*	
Sinuloculina nitens					*	
Borelis melo				*	*	*
Guttulina irregularis		*				
Guttulina problema		*				
Bolivina cf. *scalprata miocenica*		*				
Bolivina agenninica				*		
Uvigerina peregrina		*				
Reussella spinulosa	*		*	*		
Bucella sp.				*		
Cancris auriculus	*					
Cancris sagra communis	*	*				
Asterigerina planorbis				*	*	
Asterigerina carinata						*
Cibicides boueanus	*	*				
Cibicides lobatulus	*	*		*	*	*
Planorbulina mediterranensis	*					
Planorbulina sp.						*
Rotalia granulata	*	*				
Pararotalia sp.				*		
Ammonia beccarii	*	*	*	*	*	
Ammonia punctato-granosa	*	*	*	*	*	*
Elphidium aculeatum				*		*
Elphidium cf. *advenum*	*					
Elphidium cf. *antoninum*		*				
Elphidium crispum	*	*		*	*	*
Elphidium fichtelianum	*	*				
Elphidium hughesi		*				
Elphidium gr. *macellum*	*	*	*	*	*	*
Elphidium rugosum		*				
Elphidium glabratum				*		
Elphidium subumbilicatum			*		*	
Elphidium cf. *minutum*			*			
Elplidium sp. 1		*				
Elphidium sp. 2		*				
Protelphidium granosum			*	*		
Heterostegina sp.	*					
Nonion boueanum	*					
Nonion commune					*	
Nonion sp.						*
Heterolepa dertonensis					*	
Heterolepa simplex	*					
Roselina globularis				*		
Virgulopsis sp.				*		
Globulina gibba				*		
Amphistegina sp.				*		
?*Dendritina* sp.				*		

Source : MNHN, Paris

Les Miliolidae se rencontrent très souvent dans le sédiment de remplissage. En général, dans les récifs actuels, les Miliolidae prolifèrent plutôt dans les parties internes (GHOSE, 1977).

Au niveau des formations récifales de plateforme, notamment en Oranie occidentale, les Foraminifères sont représentés, outre les Miliolidae, par des Alveolinidae avec l'espèce *Borelis melo*. Celle-ci a été signalée par ailleurs dans des dépôts miocènes de Méditerranée (ADAMS, 1976 ; AZÉMA *et al.*, 1968). Il semble que le genre *Borelis* caractérise des environnements de type récifal plus ou moins protégés (CEBULSKI, 1967 ; BIGNOT & GUERNET, 1976 ; BIZON *et al.*, 1978 ; GHOSE, 1977).

Dans certains cas l'assemblage de Foraminifères s'avère peu diversifié, voire oligospécifique, en liaison avec des apports argileux. Il se réduit à des formes comme *Ammonia, Elphidium* ou *Sinuloculina* qui peuvent traduire des influences saumâtres localisées, en position d'arrière-récif.

Il convient de noter que la répartition des tests de Foraminifères dans les récifs ne correspond pas forcément à celle des organismes vivants et peut résulter d'apports extérieurs.

Les Ostracodes

Seuls les Ostracodes des récifs d'Oranie occidentale ont été étudiés de manière détaillée (Tabl. 2, 3, 10). Ils fournissent néanmoins un certain nombre de renseignements.

Les Ostracodes constituent des populations relativement peu diversifiées. Leur identification générique est compliquée par l'encroûtement calcitique plus ou moins important des valves, principalement de leurs parties internes. Plusieurs formes pourraient représenter des espèces nouvelles révélant le Messinien récifal ; elles ont été décrites et figurées par GUERNET *et al.* (1984). La plupart des espèces attribuées spécifiquement sont citées par les auteurs aussi bien dans les terrains tortoniens et messiniens que pliocènes et quaternaires.

Il ne semble pas que l'on puisse différencier clairement des formes d'avant-récif et d'arrière-récif. Par contre le milieu récifal considéré dans son ensemble est assez bien caractérisé par la proportion élevée de tests ornés et fortement calcifiés. L'exemple de la population d'Ostracodes de Bir Allouna au Sud de Fès (Maroc) constitue une exception avec la présence quasi exclusive de formes lisses.

Les Annélides

L'existence des Annélides ne se manifeste dans les récifs que par la présence de tubes calcaires conservés le plus souvent à la surface des colonies coralliennes, ou plus rarement à l'intérieur du squelette. Ces tubes présentent des caractéristiques diverses correspondant à des formes différentes qui n'ont pas été déterminées jusqu'à présent. On peut seulement avancer qu'il s'agit en général de Serpulidae. MOISSETTE (1988) cite *Serpula elfosa* à Souk el Khemis (Algérie). Signalons également quelques exemplaires de *Spirorbis*.

Les Bryozoaires

Les Bryozoaires sont assez bien représentés dans les récifs messiniens. Les travaux de MOISSETTE (1983, 1984, 1985, 1987) permettent de dresser une liste des Bryozoaires associés à certains récifs d'Oranie occidentale (Tabl. 27) et donnent des indications sur l'importance des différents groupes. Il semble que les espèces strictement inféodées au milieu récifal soient peu nombreuses ; 7 seraient exclusives (dont *Tremogasterina catenularia*, espèce particulière aux récifs d'Algérie) et 3 électives (*Escharina vulgaris, Lichenopora* cf. *echinulata* et *Cheiloporina campanulata*).

En ce qui concerne les formes zoariales, révélatrices des modes de vie, on remarque qu'en Oranie occidentale les membraniporiformes (formes encroûtantes) dominent très largement sur les celléporiformes (colonies massives branchues ou lamellaires), les cellariiformes (colonies érigées, articulées) et les vincularii-formes (colonies érigées rigides, branchues). Ces Bryozoaires sont donc plus particulièrement des épilithes des constructions coralliennes essentiellement réalisées par les colonies de *Porites lobatosepta* qui fournissent un support très favorable aux encroûtants car présentant d'importantes surfaces nécrosées. Dans certains récifs actuels on a pu mettre en évidence une répartition différentielle des assemblages de Bryozoaires (CUFFEY & FONDA, 1977) avec une prédominance

Source : MNHN, Paris

constante des formes encroûtantes ; des études plus détaillées permettraient peut-être la mise en évidence d'une telle différenciation.

Par contre, certains récifs montrent au contraire une grande abondance des formes érigées, plus fragiles, dans le sédiment de remplissage (Arham Amellal, Maroc). D'après les conclusions de CUFFEY (1972, 1977), on peut considérer que le bâti corallien, constitué de plusieurs espèces de Madréporaires, renfermait un certain nombre de cavités plus ou moins profondes et abritées, habitat privilégié de ce genre de formes.

TABLEAU 27. — Bryozoaires des récifs coralliens d'Oranie occidentale (Algérie).
Classement des espèces par formes zoariales et dans l'ordre alphabétique (d'après MOISSETTE, 1988).

BRYOZOAIRES	
Membraniporiformes	
Antropora sp.	*Onychocella angulosa*
Aplousina babiesi	*Plagioecia patina*
Biflustra savarti	*Plagioecia sarniensis*
Buffonellodes incisa	*Schizomavella linearis*
Calloporina decorata	*Schizoporella geminipora*
Calpensia nobilis	*Schizoporella longirostris*
Cheiloporina campanulata	*Schizotheca fissa*
Chorizopora brongniarti	*Smittina canavarii*
Collarina sp.	*Steginoporella montenati*
Cribrilaria aff. *radiata*	*Stephanosella entomostoma*
Cryptosula pallasiana	*Tremogasterina catenularia*
Diaperoecia major	*Tubulipora (?)* sp.
Diaperoecia (?) sp.	*Umbonula endlicheri*
Escharella reussiana	*Umbonula monoceros*
Escharina vulgaris	Celleporiformes
Escharoides coccinea	*Celleporaria palmata*
Figularia figularis	*Celleporina costazi*
Hippodiplosia linearis	*Multigalea (?)* sp.
Hippopleurifera sulcimargo	*Turbicellepora coronopus*
Hippopodinella lata	Cellariiformes
Lichenopora cf. *echinulata*	*Margaretta cereoides*
Lichenopora grignonensis	*Scrupocellaria elliptica*
Lichenopora mediterranea	Vinculariiformes
Micropora coriacea	*Entalophora proboscida*
Microporella ciliata	*Myriapora truncata*

LES BRACHIOPODES

Les Brachiopodes sont peu représentés dans les récifs coralliens et essentiellement par des petites formes du genre *Argyrotheca* dont certaines pourraient se rattacher à l'espèce *A.* cf. *neapolitana*, très proche par ailleurs de *A. subcordata*, connue dans le Miocène de Parathéthys (BARCZYK & POPIEL-BARCZYK, 1977). Elles sont révélées par lavage du sédiment de remplissage (marnes ou sables coralliens) dans les gisements suivants :

* Algérie : Sebaa Chioukh, Souk el Khemis, Tzioua, Douar Sidi bou Azza ;
* Maroc : Arham Amellal, Tazouta.

MEILLE et PAJAUD (1971) signalent des représentants du genre *Argyrotheca* dans les faciès récifaux des Bahamas, dressés sur un support pas nécessairement dur (thalles d'Algues). Cependant LOGAN (1977) note la présence de divers Brachiopodes dont *Argyrotheca* dans les habitats cryptiques offerts par les espèces coralliennes aux faibles profondeurs.

LES BIVALVES

Les données

Parmi la faune associée aux constructions coralliennes, les Bivalves apparaissent fort bien

Source : MNHN, Paris

représentés tant quantitativement que sur le plan de la diversité. Les nombreuses récoltes effectuées dans la plupart des récifs messiniens d'Algérie et du Maroc permettent de bien connaître la répartition des associations de Bivalves (Tabl. 28). Cependant l'essentiel des études concerne plus spécialement l'Algérie avec les données récentes de SAINT MARTIN *et al.* (1985) et FRÉNEIX *et al.* (1987a, b ; 1988) reproduites en grande partie ici. Au Maroc, le travail de BENMOUSSA (1982) sur les Bivalves du Messinien de Melilla aborde surtout le contenu des formations pré-récifales, mais ne donne aucune indication précise sur les formes associées au récif ; quelques éléments en seront fournis.

Sur le Tabl. 28 ont été portées des indications sur la répartition stratigraphique des espèces déterminées (sans tenir compte des variétés). Pour une grande part (70,6 %) il s'agit d'espèces connues du Miocène au Quaternaire, et qui vivent encore actuellement (63,2 %). Le stock mio-pliocène est plus réduit (14,7 %), de même que le stock miocène (14,7 %).

Parmi les espèces vivant actuellement, près de la moitié sont eurythermes et se répartissent de la zone tropicale au domaine nordique. Seules 3 espèces sont à affinité tropicale (*Botula fusca, Hyotissa hyotis, Leporimetis papyracea*). Les autres espèces caractérisent les zones tropicale, subtropicale à tempérée chaude. Parmi les espèces fossiles, une majorité montre une large répartition paléobiogéographique tandis que seulement 6 espèces sont plus particulièrement circonscrites au domaine méditerranéen.

A partir de la fréquence des espèces de Bivalves dans les différents gisements récifaux d'Algérie et du Maroc, il est possible de définir un assemblage type significatif de l'environnement récifal messinien. A l'exception des perforants abondants (*Lithophaga lithophaga, Botula fusca, Jouannetia tournoueri*), plus spécialement liés à la présence des Madréporaires, les espèces les plus fréquentes ne sont pas des formes inféodées au milieu récifal. Ainsi *Chlamys pusio*, espèce actuellement banale et ubiquiste, non seulement est présente dans pratiquement tous les récifs, mais de plus abonde particulièrement dans certaines constructions (Murdjadjo en Algérie, Melilla et environs de Fès au Maroc). Il en est de même, dans une moindre mesure pour *Lima lima* et *Venus multilamella*. Quelques espèces seulement fréquentent, plus ou moins occasionnellement le milieu récifal ou possèdent des affinités avec des formes actuelles habituelles des constructions coralliennes. C'est le cas de *Isognomon maxillatus*, proche de *I. radiata* d'Amérique qui adhère souvent aux colonies branchues de *Porites* (STANLEY, 1970), *Lima lima, Spondylus concentricus* et *Hyotissa hyotis*.

L'assemblage type de Bivalves, considéré selon leur fréquence dans les gisements, est le suivant :

Arca noae
Barbatia barbata
Acar clathrata
Anadara turonica
Botula fusca
Lithophaga lithophaga
Chlamys pusio
Chlamys linguafelis
Aequipecten seniensis
Pecten aduncus
Spondylus gaederopus
Lima lima
Ostrea lamellosa
Linga columbella
Codakia decussata
Diplodonta rotundata
Cardita calyculata
Gastrana fragilis
Venus multilamella
Dosinia exoleta
Jouannetia tournoueri

Conclusion

La faune de Bivalves, à affinité subtropicale à tempérée, apparaît de manière apparemment contradictoire assez peu significative dans son ensemble d'un environnement récifal. Tout au plus peut-on remarquer que certains de ses éléments les plus sténothermes se sont éteints (*Isognomon maxillatus* par exemple) ou ont disparu de Méditerranée pour migrer vers des zones plus chaudes (*Botula fusca, Hyotissa hyotis* ou *Leporimetis papyracea*). La communauté de Bivalves du Messinien, et en particulier de l'environnement récifal corallien, témoigne de l'évolution générale climatique montrant l'installation progressive à partir du Miocène, des zonations actuelles.

Ainsi en général les espèces les plus représentées dans les récifs coralliens d'Afrique du Nord sont aussi celles qui présentent le moins d'exigences écologiques. Il s'agit donc plus particulièrement de formes opportunistes (à l'image de *Chlamys pusio*) utilisant les ressources d'un milieu à dominante rocheuse.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 28. — Bivalves des récifs du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc.

ESPÈCES/GISEMENTS	ALGÉRIE																MAROC					STRATIGRAPHIE			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		*Mi*	*Pl*	*Ple*	*Ac*
Arca noae						*	*		*								*					●	●	●	●
Barbatia barbata	*	*	*			*	*	*			*	*				*	*	*				●	●	●	●
Barbatia subhelbingi	*					*	*															●	●		
Acar clathrata		*	*			*	*	*								*					*	●	●	●	●
Anadara turonica				*		*		*				*	*	*	*	*	*		*			●			
Striarca lactea	*	*				*	*															●	●	●	●
Glycymeris bimaculata						*		*					*				*					●	●	●	●
Glycymeris sp.												*			*						*				
Mytilus cf. *scaphoides*						*																●	●		
Mytilus aff. *galloprovincialis*						*																●	●	●	●
Modiola adriatica						*										*	*					●	●	●	●
Isognomon maxillatus					*	*		*								*	*					●	●		
Botula fusca	*		*	*	*	*	*	*						*		*		*				●	●	●	●
Lithophaga lithophaga	*	*		*	*	*		*	*						*	*	*	*	*	*	*	●	●	●	●
Gregariella aff. *neuvillei*	*	*																				●			
Chlamys pusio	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		●	●	●	●
Chlamys cf. *varia*	*																					●	●	●	●
Chlamys linguafelis	*	*			*	*	*	*				*		*		*						●			
Chlamys sp.		*							*				*					*	*						
Aequipecten seniensis	*	*		*	*	*		*						*			*					●	●	●	
Aequipecten opercularis					*																	●	●	●	●
Aequipecten sp.						*																			
Gigantopecten latissimus								*	*													●	●		
Flabellipecten fraterculus								*						*								●	●		
Pecten biparitius								*														●	●		
Pecten adiacus	*				*	*		*				*		*	*							●			
Pecten benedictus									*					*								●	●	●	●
Spondylus gaederopus	*	*			*	*								*		*									
Spondylus crasicosta								*	*													●	●	●	
Spondylus concentricus														*	*							●	●	●	●
Spondylus sp.										*							*	*	*	*					
Lima lima	*	*		*	*	*	*	*			*	*	*		*	*						●	●	●	●
Lima sp.						*																			
Limaria tuberculata	*					*																●	●	●	●
Anomia ephippium	*															*						●	●	●	●
Neopycnodonta navicularis								*						*								●	●		
Ostrea lamellosa	*	*		*	*	*		*	*				*	*	*	*						●	●	●	●
Ostreola stentina	*	*												*								●	●	●	●
Ostrea (s.l.) sp.							*	*	*	*			*				*	*	*	*					
Hyotissa hyotis	*	*			*								*									●	●	●	●

A : Sebaa Chioukh, B : Souk el Khemis, C : Beni Saf, D : Bled es Safah, E : Sidi Safi, F : Tzioua, G : Douar Sidi bou Azza, H : Cap Figalo, I : Bou Zadjar E, J : Murjadjo (ravin de la Vierge), K : Murdjadjo (Bou Yakor), L : Tafaraoui, M : Aoud Sma, N : Hammar Semmoumet, O : Bled Sidi ben Knadil, P : Ain Oumata, Q : Melilla, R : Bir Tam Tam, S : Arham Amellal, T : Oued Kell, *Mi* : Miocène, *Pl* : Pliocène, *Ple* : Pleistocène, *Ac* : Actuel.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 28. — Bivalves des récifs du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc (*suite*).

ESPÈCES/GISEMENTS	ALGÉRIE																MAROC				STRATIGRAPHIE			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	*Mi*	*Pl*	*Ple*	*Ac*
Linga columbella				*	*		*			*		*			*						•	•	•	•
Codakia decussata				*		*	*		*	*	*				*		*	*			•	•	•	•
?Codakia sp. (cf. *leonina*)				*	*	*		*							*	*					•	•	•	•
Diplodonta rotundata	*					*						*		*	*		*			*	•	•	•	•
Loripes lacteus													*								•	•	•	•
Lucina (s.l.) sp.								*																
Chama gryphoides	*					*		*			*					*	*			*	•	•	•	•
Pseudochama gryphina						*								*							•	•	•	•
Cardita calyculata					*	*	*			*		*				*					•	•	•	•
Cardita vindobonensis								*								*					•			
Cardita sp.					*																			
Cardita cf. *partschi*							*														•			
Cardites antiquatus					*	*						*		*							•	•	•	
Glans intermedia						*		*				*									•	•	•	
Plagiocardium papillosum	*																				•	•	•	•
Laevicardium ? sp.								*																
Cardium ? sp.					*	*				*	*	*												
Acanthocardia aculeata				*	*							*			*					*	•	•	•	•
Acanthocardia echinata												*									•	•	•	•
Spisula sp.												*												
Lutraria angustior				*	*	*	*														•	•	•	•
Tellina planata				*	*	*									*		*				•	•	•	•
Arcopagia crassa						*															•	•	•	•
Gari ? sp.					*	*																		
Gastrana fragilis	*	*			*	*				*		*		*		*		*			•	•	•	•
Leporimetis papyracea						*										*					•	•	•	•
Venus multilamella	*		*		*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*				•	•	•	•
Venus sp.						*																		
Periglypta miocaenica					*	*												*		*	•			
?Pelecyora islandicoides	*					*		*													•	•		
Dosinia exoleta	*					*	*						*				*			*	•	•	•	•
Dosinia orbicularis						*															•	•		
Dosinia sp.												*												
Paphia vetula						*	*	*					*								•	•	•	•
Tapes basteroti					*	*	*					*			*						•			
Callista sp.					*																			
Lajonkairia rupestris	*																				•	•	•	•
Coralliophaga lithophagella						*															•	•	•	•
Caryocorbula cocconii						*															•	•		
Gastrochaena dubia						*															•	•	•	•
Hiatella arctica	*																				•	•	•	•
Panopea menardi						*		*													•			
Pholadidae ? sp.												*												
Jouannetia tournoueri	*	*		*	*	*	*					*				*		*	*	*	•			

LES GASTÉROPODES
(Pl. 57, 58)

Très mal conservés dans les récifs, les Gastéropodes se présentent, sauf rares exceptions pour les grosses formes, à l'état de moules internes. Ceux-ci, par l'absence de caractères significatifs apparents, ne permettent pas une détermination sûre. D'autre part, le contenu du remplissage intercorallien en petites formes (Rissoidae, Bullidae) est plus facilement observable et identifiable lorsqu'il s'agit d'un sédiment meuble (argileux) non induré. La liste établie ne constitue donc pas le reflet exact de la faune récoltée, mais

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 29. — Gastéropodes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc.

ESPÈCES/GISEMENTS	ALGÉRIE A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	O	P	U	MAROC Q	R	S	T
Haliotis cf. *tuberculata*	*	*			*	*	*	*		*	*		*	*		*	*		
Diodora sp.							*		*				*			*			
Calliostoma sp.														*					
Clanculus cf. *cruciatus*	*	*				*	*			*	*		*	*		*	*		
cf. *Bolma*	*																		*
Trochidae indét.									*										
Nerita emilliana martiniana	*																		
Littorina sp. 1														*					
Littorina sp. 2	*	*																	
Rissoina cf. *bruguierei*																		*	
Rissoa sp. 1	*																		
Rissoa sp. 2	*	*																	
Alvania sp. 1							*											*	
Alvania sp. 2	*						*									*		*	
Architectonica sp.	*	*				*			*			*						*	*
Turritella unicarinata	*																		
Turritella subarchimedis	*			*	*				*								*	*	
Turritella cf. *terebralis*	*				*	*	*												
Turritella sp.	*				*	*	*	*											
Vermetus sp.	*	*				*	*		*	*			*	*		*	*		
Potamides sp.																	*		
Thericium vulgatum	*	*		*					*	*	*				*	*			
Granulolabium bicinctum															*				
Cerithiella exbicarinata	*	*							*								*	*	
Triphoridae	*	*														*			
Nizo terebellum														*					

A : Sebaa Chioukh, B : Soul el Khemis, C : Beni Saf, D : Bled es Safah, E : Sidi Safi, F : Tzioua, G : Douar Sidi bou Azza, H : Cap Figalo, J : Murjadjo (ravin de la Vierge), K : Murdjadjo (Bou Yacor), L : Tafaraoui, M : Aoud Sma, O : Bled Sidi ben Knadil, P : Ain Oumala, U : Bou Djebaa, Q : Melilla, R : Bir Tam Tam, S : Arham Amellal, T : Oued Kell.

souvent une approximation. Néanmoins un certain nombre de caractéristiques se dégagent de l'examen des assemblages (Tabl. 29).

Sur le plan stratigraphique, on peut constater la présence d'un stock d'espèces encore actuelles et largement répandues (*Clanculus* cf. *cruciatus*, *Thericium vulgatum*) et de formes plus spécialement miocènes ou mio-pliocènes (*Conus mercati*, *C. puschi*)). Comme le constate BRÉBION (1981), chez les Gastéropodes, la chronologie est liée à la climatologie. En effet les Gastéropodes, organismes plus sensibles que les Bivalves aux variations climatiques, sont plus certainement des marqueurs paléobiogéographiques. Ainsi, contrairement aux Bivalves, les Gastéropodes récoltés témoignent plus nettement de conditions propices à un éventuel établissement récifal, notamment du point de vue climatique (BRÉBION, communication personnelle). A cet égard est intéressante la présence de certaines formes relevées dans les récifs messiniens d'Algérie sur les côtes de l'Afrique occidentale où elles vivent actuellement (*Cymbium* cf. *pepo*, *Strombus coronatus*).

On doit souligner la relative abondance de grandes formes (*Strombus*, *Cymbium*, *Conus*), avec une mention particulière pour certains Cypraeidae (*Cypraea* sp. 1) et Olividae (*Oliva* sp. 1) aux dimensions supérieures à la moyenne.

Certaines espèces sont quantitativement dominantes, et peuvent former d'importantes accumulations ; c'est le cas de *Thericium vulgatum* dans quelques formations corallienne d'Algérie (Pont de Saboune, Murdjadjo et Bou Djebaa). Plus modestement et localement des exemplaires de *Clanculus* se rencontrent également en grand nombre.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 29. — Gastéropodes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc (*suite*).

ESPÈCES/GISEMENTS	ALGÉRIE															MAROC				
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	O	P	U	Q	R	S	T	
Cheilea sp.						*	*	*				*								
Strombus coronatus	*	*			*	*		*						*	*					
Polinices sp.						*	*		*		*									
Trivia sp.	*																	*		
Cypraea sp. 1	*													*	*					
Cypraea sp. 2	*	*	*		*	*		*	*		*			*	*	*	*	*	*	
Semicassis sp.					*															
Ficus sp. 1			*	*	*			*			*								*	
Ficus sp. 2									*		*									
cf. *Cymatium affine*	*				*	*	*	*				*								
Columbella cf. *fallax*	*						*		*											
Nassarius sp.		*																*		
Volutidae indét.					*															
Cymbium cf. *pepo*						*	*							*		*				
Marginella sp.									*					*						
Gibberula sp.							*													
Oliva sp. 1	*																			
Oliva sp. 2	*	*															*	*		
Cancellaria sp.																		*	*	
Conus mercati	*		*	*		*		*						*						
Conus puschi							*													
Conus cf. *dujardini*							*	*			*									
Conus cf. *vindobonensis*	*								*											
Conus sp. 1		*					*											*		
Conus sp. 2	*	*			*	*	*		*		*			*	*	*	*	*		
cf. *Terebra fuscata*	*																			
Terebra (?) sp.	*																			
Bulla sp.									*		*					*				
Cylichnina sp.	*																			
Helicidae	*					*					*							*		

L'association qui marquerait plus spécialement le milieu récifal corallien, et ses dépendances, du Messinien d'Algérie et du Maroc comporterait les formes suivantes :

Haliotis cf. *tuberculata*
Clanculus cf. *cruciatus*
Architectonica sp.
Turritella sp.
Vermetus sp.
Thericium vulgatum
Strombus coronatus
Cypraea sp.
Ficus sp. 1
Cymbium cf. *pepo*
Oliva sp.
Conus mercati
Conus sp. 2

Ainsi la faune de Gastéropodes recueillie comporte des formes à affinité subtropicale (grands exemplaires de *Conus, Oliva, Cypraea, Cymbium...*) et un grand nombre d'espèces plus largement répandues et opportunistes occupant les divers biotopes offerts par les récifs messiniens : substrat rocheux (*Haliotis, Clanculus...*) et sédiment intrarécifal ou périrécifal (*Turritella,* Rissoidae, *Ficus...*). Il est à noter l'association de *Cymbium* avec les constructions coralliennes (ce que confirment d'autres échantillonnages dans les récifs messiniens d'Espagne) alors qu'il est actuellement absent des environnements récifaux ; mais il est vrai que ces derniers sont peu représentés sur la côte occidentale de l'Afrique.

LES ÉCHINODERMES

Les Échinides

Dans tous les récifs d'Algérie et du Maroc abondent les restes d'Échinides et plus particulièrement des radioles. Dans le sédiment de remplissage intracorallien, il s'agit en grande majo-

Source : MNHN, Paris

rité de radioles provenant d'Échinides réguliers. Les tests sont rarement préservés et les échantillons entiers et déterminables s'avèrent rares. Dans les récifs ayant subi une diagenèse assez poussée (Murdjadjo en Algérie, Melilla au Paroc), les Échinides sont préservés à l'état de moules internes, ce qui rend leur détermination délicate, malgré leur abondance. Les formes récoltées correspondent à deux biotopes : les substrats durs coralliens et les sédiments meubles biodétritiques.

La liste des formes d'Échinides identifiées (déterminations de J. Roman) ne reflète donc qu'imparfaitement la richesse des assemblages récifaux, faute de pouvoir assigner un taxon à chaque type de radioles. Certaines données sont tirées des travaux de Guillemin (1976) sur les Kebdana, au Maroc. (→[G])

ALGÉRIE	
ÉCHINIDES RÉGULIERS	
Cidaris sp.	Bled es Safah (Sidi Safi)
Schizechinus sp.	Sidi Mahdjoub (Cap Figalo)
Schizechinus (?) sp.	Djeniene Meskine
Schizechinus duciei	Sebaa Chioukh
Psammechinus subrugosus	Tzioua, Douar Sidi bou Azza
Psammechinus (?) sp.	Sebaa Chioukh, Murdjadjo (Bou Yakor)
Arbacina sp.	Sebaa Chioukh
Oligophyma aff. *oranensis*	Hammar Semmoumet
ÉCHINIDES IRRÉGULIERS	
Brissus unicolor	Bled Ouled Boudjema (Sidi Safi), Tafaraoui
Brissopsis sp.	Bled Sidi ben Knadil
Schizaster cf. *saheliensis*	Chabet ben Derebine (Bou Zadjar)
Schizaster sp.	Bled Sidi ben Knadil
Echinolampas hemisphaerica	Cap Figalo
Echinolampas sp.	Bled Sidi ben Knadil
Echinoneus lorioli	Cap Figalo
Clypeaster sp. 1	Sidi Mahdjoub (Cap Figalo)
Clypeaster sp. 2	Souk el Khemis, Aïn Oumata
MAROC	
ÉCHINIDES RÉGULIERS	
Cidaris sp.	Melilla, Arham Amellal
Schizechinus cf. *duciei* [9]	Kebdana
Psammechinus sp.	Melilla
ÉCHINIDES IRRÉGULIERS	
Schizaster sp.	Arham Amellal
Echinolampas aff. *hemisphaerica* [G]	Kebdana
Clypeaster ex gr. *scillae* [G]	Kebdana
Clypeaster reidii [G]	Kebdana

Selon Roman (1984), l'association de formes telles que *Schizechinus, Brissus* et *Echinoneus* caractériserait un environnement de zone tropicale à tempérée chaude, très littoral et plus particulièrement de type récifal (à Algues ou Coraux). Le genre *Clypeaster* indique également des eaux chaudes.

Montenat et Roman (1970) décrivent en Espagne les mêmes formes d'Échinides dans les faciès coralliens et algaires du Miocène supérieur. Pour ces auteurs les trois genres *Cidaris, Psammechinus* et *Brissus* fournissent une idée approximative du milieu : profondeur faible, fonds constitués à la fois de substrats durs favorables aux *Cidaris* et meubles nécessaires à l'enfouissement des *Brissus*, existence possible d'une végétation marine réalisant un herbier habité par des *Psammechinus*.

Echinoneus lorioli est une espèce du Pliocène de la mer Tyrrhénienne signalée pour la première fois dans le Messinien (Roman et Saint Martin, 1987). A l'instar d'*E. cyclostomus*, espèce actuelle, *E. lorioli* devait être un oursin de mer chaude, vivant à faible profondeur et indicateur de récifs algaires ou coralliens. Le genre a disparu de Méditerranée après le Pliocène mais subsiste aujourd'hui dans les mers tropicales.

L'importance du genre *Clypeaster* dans les environnements littoraux du Miocène supérieur est une constante dans l'ensemble du secteur envisagé. Cependant ces formes massives, généralement associées à des sédiments détritiques, ne sont pas rares au sein des masses construites, fait également observé dans le Miocène moyen (Mitrovic-Petrovic, 1984). Dans les Kebdana (Maroc) où les récifs coralliens se développent au sein d'une sédimentation très détritique, les *Clypeaster* abondent particulièrement.

L'association *Schizaster/Brissopsis* se rencontre plus spécialement dans des environnements vaseux ou sablo-vaseux, déterminant selon Marcopoulou-Diacantoni (1979a) un biofaciès particulier. Le plus souvent cette association caractérise les faciès marneux pré-récifaux (Hammar Semmoumet, Algérie) et parfois les colonies coralliennes tentent de s'implanter dans ce milieu meuble (Bled Sidi ben Knadil).

Source : MNHN, Paris

Les Ophiuridae

L'analyse du sédiment de remplissage intracorallien révèle la présence de nombreuses pièces brachiales d'Ophiures. Il s'agit d'organismes habituels des récifs coralliens (CLARK, 1976 ; SCHUHMACHER, 1977) vivant aussi bien dans les zones de remplissage biodétritique qu'à l'intérieur de la trame récifale et pouvant déterminer une zonation selon leur répartition spécifique et quantitative (KISSLING & TAYLOR (1977).

LES CRUSTACÉS

Les Cirripèdes balanidae

Les Balanes

Les Balanes, organismes fixés sur un support rigide, ne sont pas réellement fréquentes dans les récifs étudiés. Elles abondent dans un petit nombre de gisements, soudées aux parties nécrosées des colonies de *Porites lobatosepta* : Sebaa Chioukh (Algérie), Bir Tam Tam (Maroc). On les rencontre aussi dans les niveaux pré-récifaux, associées avec des Algues calcaires, sur des coquilles d'Ostreidae ou de Pectinidae. A l'Ain ed Dehanne, près du Cap Figalo (Algérie), dans un environnement très littoral et détritique, où l'implantation corallienne est timide, certains exemplaires de *Balanus concavus* (MOISSETTE, 1988) atteignent des tailles importantes. Les espèces reconnues en Oranie occidentale, en association avec des colonies de *Porites* et de *Tarbellastraea* sont les suivantes : *Balanus concavus*, *B. perforatus* et *B. amphithrite*. MOISSETTE (1987) cite en outre *B. tulipiformis* au Bled Sidi ben Knadil où se développe un récif à *Porites*. Ce sont toutes des espèces actuelles, connues dans le domaine atlanto-méditerranéen, sauf *B. Concavus* qui semble avoir migré au Quaternaire et fréquente maintenant la côte orientale américaine (DAVADIE, 1963).

Les Creusiinae

La sous-famille des Creusiinae est représentée par une espèce inféodée au milieu corallien, *Creusia oraniensis*, nouvellement décrite par MOISSETTE et SAINT MARTIN (1982a, b, c) dans le Messinien récifal d'Oranie. Cette forme développe des relations de commensalisme obligatoire avec divers hôtes coralliens dans lesquels elle est plus ou moins profondément implantée, ne laissant dépasser que sa couronne. Étant étroitement liée aux Madréporaires constructeurs elle constitue un des éléments presque inamovible de la faune récifale. On la rencontre donc dans pratiquement tous les édifices coralliens, à l'exception semble-t-il du Murdjadjo (Algérie) et de Melilla (Maroc). Une telle association entre les Madréporaires *Porites* et *Tarbellastraea* et *Creusia* a été étudiée en détail par BALUK et RADWANSKI (1967a, b, 1984b) dans le Miocène moyen de Pologne.

Actuellement le genre *Creusia* se répartit dans toutes les mers chaudes où se rencontrent les Madréporaires hermatypiques (ROSS et NEWMAN, 1973). Mais en Méditerranée ne subsiste qu'une forme voisine, *Pyrgomina anglica*, associée à divers Coraux ahermatypiques.

Les Décapodes

Les restes de Décapodes apparaissent très fréquemment dans le remplissage intra-récifal. Il s'agit en général d'articles, de fragments de pinces peu identifiables. Dans quelques cas, les carapaces ont pu être préservées. Seul le matériel provenant des récifs d'Algérie a été examiné (déterminations de P. MÜLLER). Quelques indications partielles en sont données dans des travaux récents de MÜLLER (1984, 1986). La faune carcinologique se compose des formes suivantes (SAINT MARTIN et MÜLLER, 1988) :

?Callianassa nov. sp. ?	Douar Sidi bou Azza
Dromia neogenica	Souk el Khemis
Daira speciosa	Souk el Khemis, Ain Oumata
Actaea calzadai	Tafaraoui, Hammar Semmoumel
Xantho moldavicus	Souk el Khemis
Lachnopodus murdjadjensis	Murdjadjo

En ce qui concerne le Maroc, on peut signaler la présence de *Daira speciosa* dans l'Oued Kell, ainsi que de nombreux articles de Callianassidae et probablement de Portunidae, dans le même secteur.

La prédominance de Xanthidae caractérise bien le milieu récifal et les fonds de substrat dur. *Daira speciosa* est proche de l'espèce actuelle *D. perlata* qui vit dans les récifs, tout comme certaines espèces de *Lachnopodus* et *Actaea*.

Source : MNHN, Paris

Dromia neogenica et *Daira speciosa* sont des espèces miocènes, décrites également par MÜLLER (1984) dans les formations récifales à *Porites*, *Tarbellastraea* et *Acanthastrea* du Badénien de Hongrie.

Enfin deux espèces, *Actaea calzadai* et *Lachnopodus murdjadjensis*, pourraient caractériser le Messinien récifal de Méditerranée. La première est présente dans le Messinien de Santa Pola (Espagne) et la seconde reste cantonnée, dans l'état actuel de nos connaissance, à l'Algérie, au récif à *Porites* du Murdjadjo où elle a fourni de nombreuses carapaces et pinces.

Ainsi la faune de Décapodes apparaît comme un élément particulièrement significatif de l'environnement récifal au Messinien qui n'est pas sans présenter des points communs avec celui du Badénien en Paratéthys.

Organismes divers

Les Spongiaires

Très rares, les restes de Spongiaires identifiables se composent de spicules siliceux triaxones (Souk el Khemis) ou irréguliers, barbelés, rappelant ceux de Lithistides comme *Jereica*. L'espèce *Jereica clavaeformis* a par ailleurs été citée par ROGER *et al.* (1943) dans les environs d'Oran. D'autre part deux petits échantillons entiers de Spongiaires récoltés dans le récif à *Porites* du Murdjadjo pourraient également se rapporter à cette forme.

Les Céphalopodes

On trouve souvent dans le remplissage meuble (marnes et sables coralliens) intercolonial des pièces d'appareil buccal de Céphalopodes que MOISSETTE (1987) attribue avec doute à *Sepia*. Nous n'avons pas d'autres renseignements sur ces « becs » peu souvent évoqués dans la littérature mais très fréquents dans les faciès marneux. Les gisements suivants en ont livré des exemplaires :

* en Algérie : Sebaa Chioukh, Pont de Saboune, Souk el Khemis, Mersat Zouanif, Tzioua, Bled Sidi ben Knadil, Ain Oumata ;

* au Maroc : Oued Kell, Bir Tam Tam, Arham Amellal, Tazouta.

Les poissons

La présence de poissons Téléostéens dans l'environnement récifal est révélée par des pièces dentaires diverses dans les gisements d'Algérie :

* Labridae : ensembles dentaires de *Labrodon* ; Souk el Khemis, Djebel Skouna, Chabet ben Derebine ;

* Sparidae :

- pavés dentaires indéterminés : Souk el Khemis, Mersat Zouanif, Ain ed Dehanne (Bou Zadjar) ;
- *Sphaerodus* (?) sp. : Tzioua ;
- *Sparus* sp. : Douar Sidi bou Azza.

Au Maroc des dents de Sparidae ont été récoltées dans le secteur de Boughioul au Sud de Fès.

Les Sélaciens sont représentés par quelques dents avec *Sinodontaspis acutissima* (Sebaa Chioukh), *Isurus* sp. et *Carcharhinus* sp. (Souk el Khemis).

Bilan et comparaisons

La faune récifale du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc

Éléments caractéristiques

Les tableaux établis précédemment donnent une image, sans doute partielle, de la faune qui fréquentait le milieu récifal à la fin du Miocène en Algérie et au Maroc. Les formes les plus caractéristiques, et pour certaines les plus significatives (à l'exception des Bryozoaires, étudiés seulement dans quelques récifs d'Algérie), en sont :

⊙ Bivalves : *Arca, Barbatia, Chlamys, Aequipecten, Spondylus, Lima, Ostrea, Hyotissa, Codakia, Diplodonta, Cardita, Gastrana, Venus, Paphia, Tapes* et les perforants *Botula, Lithophaga, Jouannetia* ;

⊙ Gastéropodes : *Haliotis, Clanculus, Turritella, Vermetus, Thericium, Strombus, Cymbium, Oliva, Conus* ;

⊙ Échinides : *Cidaris, Schizechinus, Psammechinus, Brissus, Echinoneus, Clypeaster* ;

⊙ Crustacés Balanidae : *Creusia* ;

⊙ Crustacés Décapodes : *Daira, Actaea, Lachnopodus.*

Source : MNHN, Paris

Éléments nouvellement cités

Un certain nombre de formes ont été signalées pour la première fois dans le Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc, quelques-unes correspondant de plus à des espèces nouvelles.

Pour GUERNET *et al.* (1984), certains éléments de la microfaune pourraient appartenir à des espèces nouvelles : *Elphidium* pour les Foraminifères et quelques Ostracodes laissés en nomenclature ouverte.

MOISSETTE (1983) a décrit une nouvelle espèce de Bryozoaire *Tremogasterina catenularia*, connue jusqu'à présent uniquement dans les récifs messiniens d'Oranie occidentale.

Dans le groupe des Bivalves, le foreur *Pholadidea* sp. paraît sensiblement différent des autres espèces recensées (FRÉNEIX *et al.*, 1987b). Il en est de même chez les Gastéropodes avec un spécimen d'*Oliva* plus grand que la plupart des représentants connus de ce taxon (Brébion, communication personnelle).

Enfin les Crustacés, peu étudiés (VAN STRAELEN, 1934, 1936), ont fourni un contingent de formes jamais citées ou nouvelles (*Creusia oraniensis, Daira speciosa, Dromia neogenica, Actaea calzadai, Lachnopodus murdjadjensis*) et apparemment très significatives d'un environnement récifal.

Comparaison avec les autres récifs messiniens de Méditerranée

A l'issue d'une visite sur divers sites récifaux tortono-messiniens d'Espagne (Santa Pola, Elche, Lorca, Fortuna, Sorbas, Níjar), quelques échantillons ont pu être réunis et identifiés. Bien que ces résultats ne puissent demeurer que très fragmentaires, ils constituent un point de comparaison avec ceux acquis en Algérie et au Maroc.

De manière générale, les études portant sur le contenu paléontologique des formations récifales coralliennes du Miocène supérieur de Méditerranée sont, à notre connaissance, rares. Elles traitent d'ailleurs le plus souvent d'un groupe particulier comme celle de MONTENAT et ROMAN (1970) sur les Échinides néogènes d'Espagne. Tout au plus dispose-t-on généralement de listes ou indications partielles disséminées dans un grand nombre de publications. Toutes ces données ont été réunies (Tabl. 30) pour mieux rendre compte du peuplement récifal. Les données bibliographiques utilisées sont les suivantes :

ESPAGNE : ADDICOTT *et al.* (1978, 1979), BIZON *et al.* (1972a, b), DABRIO & MARTIN (1978), DABRIO *et al.* (1981), ESTEBAN (1979), MONTENAT (1977e), MONTENAT & ROMAN (1970), MONTENAT *et al.* (1979, 1980).

BALÉARES : BREBION *et al.* (1968), BOURROUILH *et al.* (1972).

ITALIE (Toscane) : BOSSIO *et al.* (1978), BOSSIO *et al.* (1981), GIANNINI (1962).

SICILE : DI STEFANO & CATALANO (1976), GRASSO *et al.* (1982).

MALTE : PEDLEY (1978, 1979), PEDLEY & WAUGH (1976), PEDLEY *et al.* (1976).

Conclusion

L'inventaire complet de la faune des gisements récifaux du Maroc serait encore à réaliser et devrait permettre de compléter les données acquises en Algérie. Un point serait ainsi intéressant à éclaircir, à savoir la mise en évidence ou non d'une différenciation dans la composition des associations faunistiques récifales depuis le domaine sous influence atlantique (sillon sud-rifain occidental) jusqu'à l'intérieur du domaine méditerranéen (Algérie, bassin du Chélif). En première approximation et compte tenu des renseignements disponibles, il semble régner une certaine homogénéité tant au niveau de la faune de Madréporaires récifaux qu'en ce qui concerne les organismes associés et on serait tenté d'envisager l'existence d'un domaine récifal du Miocène supérieur, aux caractéristiques uniformes, étendue à toute la Paléoméditerranée et ses abords atlantiques.

Il est à noter la parenté que présente cette faune récifale avec celle du Miocène moyen du domaine paratéthysien (YAKANOVITCH, 1985).

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 30. — Faune associée aux récifs coralliens du Miocène supérieur de Méditerranée.

	Récifs d'Espagne					Récifs de Méditerranée				
	SPo	Elc	Lor	For	Sor	Espagne	Baléares	Italie	Sicile	Malte
BIVALVES										
Arca						•		•		•
Arca noae	•	*				*				
Arca polymorpha							*			
Barbatia						•				
Barbatia subhelbingi		*				*				
Barbatia barbata		*				*				
Barbatia sp.						*				
Anadara								•		
Anadara turonica								*		
Acar							•			
Acar clathrata							*			
Glycymeris						•				•
Glycymeris sp.					*	*				
Mytilus						•				
Mytilus sp.		*				*				
Botula						•				
Botula fusca		*				*				
Lithophaga						•				
Lithophaga lithophaga		*			*	*				
Isognomon						•				
Chlamys						•	•	•	•	•
Chlamys pusio	*	*	*	*	*	*		*	*	
Chlamys cf. *varia*	*					*	*			
Chlamys linguafelis	*	*	*		*		*			
Chlamys sp.		*				*				
Aequipecten										•
Aequipecten opercularis										*
Gigantopecten								•		
Gigantopecten latissimus								*		
Pecten						•	•	•	•	•
Pecten aduncus					*	*		*	*	
Pecten dunkeri								*		
Pecten stazzanensis								*		
Pecten subarcuatus							*			
Pecten marvilensis							•	*		
Pecten sp.		*	*		*	*				
Spondylus						•		•		•
Spondylus gaederopus		*				*				
Lima						•	•	•		
Lima lima				*		*				
Lima hians									*	
Limea strigilata							•			
Ostrea						•		•	•	
Ostrea lamellosa						*				
Ostrea sp.				*		*	*			
Ostreola						•				
Ostreola stentina		*				*				
Hyotissa						•				
Hyotissa hyotis		*				*				
Anomia						•				

Lieux de prélèvement des échantillons : SPo (Santa Pola), Elc (Elche), Lor (Lorca), For (Fortuna), Sor (Sorbas).
• : Genres récoltés ou cités * : Espèces récoltées ou citées.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 30. — Faune associée aux récifs coralliens du Miocène supérieur de Méditerranée (*suite*).

	Récifs d'Espagne					Récifs de Méditerranée				
	SPo	Elc	Lor	For	Sor	Espagne	Baléares	Italie	Sicile	Malte
BIVALVES (*suite*)										
Anomia ephippium		*				*				
Chama						•				•
Chama gryphoides		*		*		*				
Cardita										•
Venericardia						•				
Cardites						•				
Cardites antiquatus		*				*				
Cardium						•	•			•
Cardium cf. *turonicum*							*			
Cardium sp.		*				*				
Diplodonta						•				
Diplodonta rotundata		*			*	*				
Codakia						•				
Codakia decussata		*				*				
Codakia sp.		*				*				
Venus						•		•		
Venus multilamella		*				*				
Venus haidingeri								*		
Paphia						•	•	•		
Paphia vetula		*				*		*		
Tapes						•				
Tapes basteroti		*				*				
Gastrochaena										•
Corbula								•		
Corbula gibba								*		
Jouannetia						•				
Jouannetia tournoueri				*		*				
GASTÉROPODES										
Haliotis						•				
Haliotis cf. *tuberculata*	*	*				*				
Trochidae						•				
Gibbula						•				
Clanculus						•	•			
Clanculus cf. *cruciatus*					*	*				
Clanculus cf. *araonis*							*			
Clanculus sp.							*			
Astraea							•			
Astraea rugosa							*			
Rissoidae						•				
Architectonica						•				
Architectonica sp.		*				*				
Turritella						•	•	•		•
Vermetus						•	•	•	•	
Cerithium-Thericium						•	•	•		
Cerithium dertonense							*			
Cerithium aff. *rupestre*							*			
Therichum sp. (cf. *vulgatum*)	*		*			*				
Triphoridae							•			
Strombus						•				
Strombus coronatus						*				
Cypraea						•				
Cypraea sp. 1		*				*				
Cypraea sp. 2		*		*	*	*				

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 30. — Faune associée aux récifs coralliens du Miocène supérieur de Méditerranée (*suite*).

	Récifs d'Espagne					Récifs de Méditerranée				
	SPo	Elc	Lor	For	Sor	Espagne	Baléares	Italie	Sicile	Malte
GASTÉROPODES (*suite*)										
Nassarius							•			
Nassarius dujardini							*			
Cymbium						•				
Cymbium cf. *pepo*		*				*				
Conus						•		•		
Conus mercati			*			*				
Conus sp.					*	*				
Cylichna						•				
Odostomia							•			
ÉCHINIDES										
Cidaris						•				
Cidaris mellitensis						*				
Cidaris sp.		*				*				
Schizechinus						•				
Schizechinus ducici						*				
Schizechinus sp.						*				
Psammechinus						•	•			
Psammechinus subrugosus							*			
Psammechinus dubius						*				
Psammechinus sp.	*					*				
Brissus						•				
Brissus unicolor		*				*				
Brissus sp.						*				
Schizobrissus						•				
Schizobrissus sp.						*				
Brissopsis						•				
Brissopsis cf. *pezenasensis*						*				
Brissopsis sp.						*				
Schizaster						•				
Schizaster aff. *dilatatus*						*				
Schizaster aff. *legraini*						*				
Schizaster sp.					*	*				
Echinolampas							•			
Echinolampas sp.							*			
Clypeaster						•	•			
Clypeaster aff. *lamberti*						*				
Clypeaster sp.							*			
Scutella						•				

Lieux de prélèvement des échantillons : SPo (Santa Pola), Elc (Elche), Lor (Lorca), For (Fortuna), Sor (Sorbas).
• : Genres récoltés ou cités * : Espèces récoltées ou citées.

Source : MNHN, Paris

LE MILIEU RÉCIFAL, ASPECTS PALÉOÉCOLOGIQUES

Le récif, ensemble biocénotique

Les composantes du milieu récifal

Présentation

Au niveau de son peuplement un récif á Madréporaires ne constitue pas une entité parfaitement homogène, mais plutôt un « complexe biocénotique » (Pérès, 1961, 1965, 1967 ; Pérès & Picard, 1969) comprenant aussi bien la construction corallienne elle-même que les sédiments biodétritiques qui en sont issus. Le milieu récifal propose une variété de situations et de conditions, dépendant étroitement des caractères du bâti qui en représente la composante principale. C'est dire que toutes les potentialités des substrats durs seront abondamment exploitées par des organismes très divers.

Les peuplements en rapport avec les constructions coralliennes s'établissent bien souvent par rapport á un substrat dur fourni surtout par les parties nécrosées. Il n'existe en fait que peu d'organismes fossilisés ayant vécu en rapport direct avec les colonies vivantes.

L'armature corallienne

Pour Pérès et Picard (1969) l'édifice récifal correspond á un système de « mailles » déterminé par des lacunes entres les constructions et les cavités dues à des causes diverses (y compris la bioérosion) où s'accumulent des détritus de toutes sortes.

L'importance et les caractères des constructions seront déterminants sur le peuplement de l'armature corallienne. Deux aspects peuvent s'envisager :

* la surface disponible : la morphologie coloniale ainsi que la densité de construction déterminent dans un premier temps la surface globale utilisable par les organismes vivant ***sur*** les substrats durs, fixés ou non ; des influences extérieures peuvent modifier cette surface, comme par exemple un taux de sédimentation fine assez élevé espaçant les colonies ; certains Madréporaires branchus (*Porites*), dont la partie inférieure se nécrose trés vite, pourront être plus facilement exploités ;

* le volume disponible : le développement des organismes vivant sur la surface corallienne (en général nécrosée) dépend aussi étroitement du volume utilisable, c'est-á-dire des espaces laissés libres entre les colonies ou á l'intérieur de la masse construite.

Les aires adjacentes aux constructions

Les zones non construites représentent une partie non négligeable du peuplement d'un récif. Elles sont le siége d'une sédimentation plus ou moins grossiére, souvent biodétritique, dont les caractères varient selon la zonation et correspondent essentiellement á un milieu de substrat meuble.

L'organigramme récifal

Les divers types d'organismes appartenant à l'épibenthos ou á l'endobenthos vont se répartir selon les composantes évoquées précédemment :

Le bati corallien
- * Surfaces coralliennes :
  - • épibiontes :
    - — cimentés
    - — encroûtants
    - — fixés partiellement (byssus, pédoncule)
    - — vagiles
- * Cavités :
  - • épibiontes :
    - — encroûtants
    - — fixés partiellement
  - • cavitaires : utilisent un logement, une niche
    - — peu mobiles (formes á squelettes)
    - — vagiles
- * Squelette corallien :
  - • foreurs
  - • organismes liés à la croissance corallienne par bio-immuration
  - • organismes liés aux Madréporaires vivants :
    - — parasites
    - — commensaux
- * Espaces intercoloniaux avec sédiment de remplissage
  - • épibiontes :
    - — fixés (généralement par un byssus)
    - — cimentés ou encroûtants sur des substrats durs secondaires (coquilles)
    - — vagiles

Source : MNHN, Paris

- endobiontes
  - — fouisseurs superficiels
  - — fouisseurs profonds

LES AIRES NON CONSTRUITES
- épibiontes
  - — fixés partiellement (byssus)
  - — cimentés ou encroûtants sur des substrats durs secondaires (coquilles, fragments)
  - — vagiles
- endobiontes
  - — fouisseurs superficiels
  - — fouisseurs profonds

Dans un récif fossile, une partie seulement du matériel organique originel est reconnaissable, par l'intermédiaire des squelettes ou de moulages. L'analyse de ces restes apporte néanmoins un certain nombre de renseignements sur le peuplement et par là-même sur les caractéristiques récifales. En effet chacune des catégories détaillées ci-dessus fournira un contingent de formes dont les proportions relatives peuvent être appréciées et significatives.

Le récif et les relations trophiques

Compte tenu de la diversité des biotopes propres au milieu récifal, tous les groupes trophiques sont représentés. Cependant, dans son ensemble, un récif corallien représente un système énergétique très complexe dont certains aspects dépassent les possibilités d'investigation du paléoécologiste (Fig. 150). En effet la chaîne trophique repose sur plusieurs éléments qui permettent aux récifs de développer une sorte d'autarcie, à savoir une forte productivité primaire liée aux processus phosynthétiques, une grosse production de détritus organiques et de mucus rapidement recyclés et utilisés, et la participation à la chaîne trophique, par la consommation du mucus ou des agrégats organiques, de toute une faune de petits Invertébrés dont beaucoup ne laissent pas de restes (LEWIS, 1965 ; PÉRÈS, 1967 ; PÉRÈS & PICARD, 1969 ;

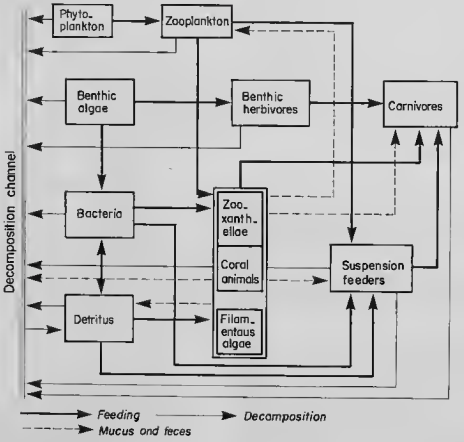


FIG. 150. — Relations trophiques et transformations d'énergie dans un écosystème récifal corallien (*in* Lewis, 1965).

Source : MNHN, Paris

ROUGERIE & WAUTHY, 1986 ; SOURNIA, 1982 ; THOMASSIN, 1974, 1975, 1982 ; WIENS, 1971). Il est ainsi très difficile d'évaluer la biomasse originelle d'un récif fossile, si l'on considère que chaque niveau de la pyramide trophique n'est préservé que partiellement, ceci de manière inégale non seulement pour chaque niveau mais aussi en fonction de la zonation récifale (FROST, 1977).

Parmi les principales catégories trophiques (en dehors des producteurs primaires) identifiables dans un récif fossile retenons (WALKER, 1972 ; WALKER & BAMBACH, 1974) :

* les brouteurs d'Algues
* les suspensivores
* les dépositivores :
  - endobiontes
  - épibiontes
* les détritivores
* les carnivores
* les nécrophages

En première approximation, au niveau du bâti corallien, les suspensivores dominent largement sur les consommateurs de détritus sauf dans les biotopes détritiques sédimentaires (PÉRÈS & PICARD, 1969 ; THOMASSIN, 1982).

Il est évident que les organismes fossiles nous renseignent plus précisément sur la chaîne trophique benthique. On n'appréhende l'extension du réseau trophique au domaine nectonique qu'à travers quelques pièces diverses fragmentaires de prédateurs (Céphalopodes, Poissons).

Application aux récifs coralliens Miocènes d'Algérie et du Maroc

Pour analyser le peuplement d'un récif ancien, on peut s'appuyer plus particulièrement sur deux aspects quantifiables : la position par rapport au substrat et le trophisme. Dans un premier temps, il convient d'envisager les caractères propres à chaque ensemble récifal, et pour un cas favorable aux parties principales du récif, en donnant des indications sur les proportions des diverses catégories présentes. A cette fin, l'utilisation des Bivalves, plus aisément déterminables et relativement mieux préservés que la plupart des autres organismes, s'avère particulièrement intéressante.

Afin de dégager les relations plus intimes qui unissent les organismes à leur habitat il sera proposé dans un deuxième temps une tentative de reconstitution du peuplement récifal au Miocène supérieur en considérant ses divers éléments séparément et leur place dans l'ensemble. De même seront envisagés les liens unissant certains organismes (prédation, perforation, commensalisme).

LES ASSOCIATIONS RÉCIFALES MESSINIENNES D'ALGÉRIE

L'exemple de la faune de bivalves de Tzioua

Le gisement de Tzioua

La formation récifale de Tzioua, prés d'Ain Temouchent en Oranie occidentale, se compose essentiellement de corps construits, formant des « patchs » plus ou moins conséquents disséminés sur une plate-forme à la sédimentation caractéristique : calcaires à Algues, calcaires biodétritiques (Fig. 36). L'exploitation en carrière d'un de ces ensembles construits a permis la récolte d'un abondant matériel paléontologique. Deux unités ont été plus spécialement envisagées : l'armature corallienne et les sédiments biodétritiques adjacents, localement lumachelliques. Une liste des Bivalves a été établie (Tabl. 31) et la proportion des divers groupes écologiques déterminée, de manière globale et pour chaque faciès, en considérant les pourcentages d'espèces et d'individus (Fig. 151). L'étude a porté sur environ 600 pièces identifiables de Bivalves. Afin de préciser l'abondance respective des espèces une échelle indicative de fréquence a été établie.

Analyse des résultats

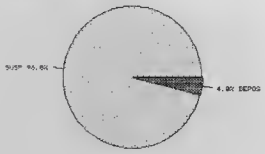
Le nombre d'espèces communes aux deux faciès s'élève à 16 ; il s'agit surtout des représentants de l'épifaune. Le bâti corallien abrite 9 espèces particulières ; parmi celles-ci on note la prédominance des épilithes et des foreurs. Par contre les sédiments périphériques abritent 23 espèces particulières ; quantitativement ce sont essentiellement des formes fouisseuses.

Au niveau trophique la domination des suspensivores est manifeste, surtout dans le faciès construit. Dans les faciès biodétritiques périphériques les dépositivores sont un peu plus nombreux et témoignent de la présence d'une pellicule organique stable sur le fond.

La faune de Bivalves des constructions est

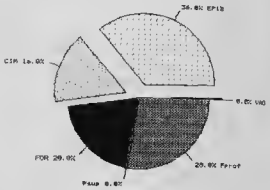
Source : MNHN, Paris

TZIOUA – CONSTRUCTIONS
TROPHISME



POURCENTAGES D'ESPECES

TZIOUA – CONSTRUCTIONS
MODES DE VIE

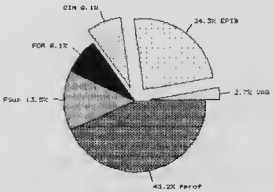


POURCENTAGES D'ESPECES

TZIOUA – SEDIMENTS
TROPHISME

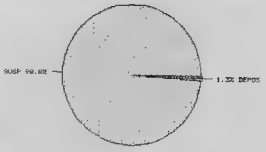
POURCENTAGES D'ESPECES

TZIOUA – SEDIMENTS
MODES DE VIE



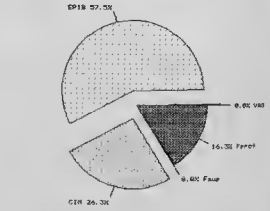
POURCENTAGES D'ESPECES

TZIOUA – CONSTRUCTIONS
TROPHISME



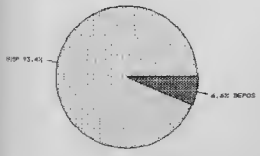
POURCENTAGES D'INDIVIDUS
(sauf foreurs)

TZIOUA – CONSTRUCTIONS
MODES DE VIE



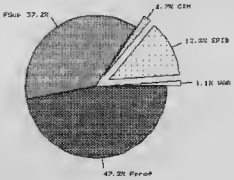
POURCENTAGES D'INDIVIDUS
(sauf foreurs)

TZIOUA – SEDIMENTS
TROPHISME



POURCENTAGES D'INDIVIDUS
(sauf foreurs)

TZIOUA – SEDIMENTS
MODES DE VIE



POURCENTAGES D'INDIVIDUS
(sauf foreurs)

SUSP : Suspensivores. DEPOS : Dépositivores. VAG : Vagiles. EPIB : Epibyssaux. CIM : Cimentés.
FOR : Foreurs. Fsup : Fouisseurs superficiels. Fprof : Fouisseurs profonds.

FIG. 151. — Proportions des groupes écologiques définis selon le faciès dans le récif de Tzioua.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 31. — Répartition et fréquence des Bivalves dans l'ensemble récifal des Tzioua.

ESPÈCES	Bâti	%	Sédiments	%	% global
Arca noae	+	**			*
Barbatia barbata	+	***	+	*	**
Barbatia subhelbingi	+	***	+	**	**
Acar clathrata	+	***			**
Anadara turonica			+	**	**
Striarca lactea	+	**	+	*	**
Glycymeris bimaculata			+	**	*
Mytilus scaphoides			+	*	*
Mytilus cf. *galloprovincialis*			+	*	*
Modiola adriatica	+	**			*
Lithophaga lithophaga	+		+		
Botula fusca	+		+		
Isognomon maxillatus			+	*	**
Chlamys pusio	+	****	+	*	***
Chlamys linguafelis	+	***			**
Aequipecten seniensis			+	**	**
Pecten aduncus			+	**	*
Spondylus gaederopus	+	***	+	*	**
Lima lima	+	**	+	**	**
Limaria tuberculata			+	**	*
Ostrea sp.	+	***	+	*	**
Codakia decussata	+	***	+	*	**
Codakia sp.	+	**			*
Diplodonta rotundata	+	**	+	****	****
Chama gryphoides	+	***			**
Pseudochama gryphina	+	**	+	*	**
Cardita calyculata			+	**	*
Glans intermedia			+	****	****
Cardites antiquatus			+	****	***
Cardium ? sp.			+	*	*
Lutraria angustior	+	**	+	**	**
Tellina planata	+	**	+	**	**
Arcopagia crassa			+	*	*
Gari ? sp.			+	*	*
Gastrana fragilis			+	**	*
Leporimetis papyracea			+	**	**
Venus multilamella			+	**	*
Periglypta miocenica			+	*	*
Pelecyora islandicoides			+	*	*
Dosinia exoleta	+	**	+	***	**
Dosinia orbicularis			+	*	*
Paphia vetula			+	**	*
Tapes basteroti			+	***	**
Coralliophaga lithophagella	+				
Caryocorbula cocconii	+	**			*
Gastrochaena dubia	+				
Jouannetia tournoueri	+		+		
Punopea menardi			+	*	

* moins de 1 % *** entre 5 et 10 %
** entre 1 et 5 % **** entre 10 et 25 %

Source : MNHN, Paris

ainsi bien caractérisée. La répartition des catégories écologiques démontre l'influence du bâti et l'importance de la présence d'un substrat dur. De même l'existence d'une population occupant les espaces intercoralliens (cavitaires permanents ou occasionnels représentés par 5 à 6 espèces) et fouissant dans le sédiment de remplissage est mise en évidence. Ces constatations sont renforcées lorsqu'on envisage le nombre d'individus entrant dans chaque catégorie écologique. Le squelette corallien est exploité par un nombre élevé de foreurs (non comptabilisés), dont la diversité en espèces est remarquable.

Dans les sédiments adjacents aux constructions, si l'on relève quelques éléments propres à l'armature corallienne (dûs à la présence de rares colonies coralliennes et de fragments récifaux déplacés), la prédominance des formes fouisseuses est manifeste. Ces dernières sont d'ailleurs quantitativement très abondantes et constituent par endroits des accumulations lumachelliques. On y remarque également la forte représentation des fouisseurs superficiels (Carditidae, Cardiidae).

Les constructions recèlent un certain nombre de formes bien particulières de Gastéropodes comme *Haliotis, Clanculus, Thericium, Cypraea, Conus*. Les sédiments périphériques renferment plutôt des habitants de fonds meubles comme *Turritella, Cymatium, Strombus, Cymbium, Conus*...

Il est à signaler également la fréquence des accumulations à Annélides et Vermetidae dans les sédiments biodétritiques qui se déposent sur les flancs des « patchs ».

Conclusion

L'étude du peuplement de l'ensemble récifal de Tzioua permet d'observer comment se répartissent les divers écologiques d'organismes en fonction des caractéristiques du milieu. Schématiquement se distinguent d'une part les populations réellement liées à l'armature corallienne (épilithes, cavitaires et perforants) et à son remplissage sédimentaire interne (épibyssaux et fouisseurs) et d'autre part les populations se développant dans les espaces intra-récifaux non construits ou sur la périphérie des constructions.

Ce modèle peut s'étendre à d'autres formations récifales, avec quelques variations (Fig. 152). Ainsi les constructions coralliennes peuvent être relayées latéralement par des niveaux où abondent les Algues calcaires, le plus souvent sous forme de rhodolithes, dont la faune d'accompagnement s'enrichit surtout en Pectinidae de grande taille (Cap Figalo).

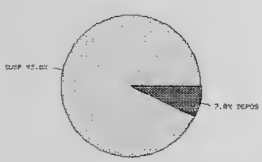
Il est intéressant de noter que ces deux groupes principaux de peuplements mis en évidence précédemment correspondent également à deux modalités taphonomiques différentes. En effet une bonne partie de la faune liée à l'armature corallienne est retrouvée en place, notamment tous les organismes fixés par cimentation ou encroûtants, tandis que bien d'autres formes ont été piégées dans les creux intrarécifaux, et sans doute peu déplacées (cavitaires). En moyenne on retrouve là les éléments d'une paléobiocénose. Par contre, dans les sédiments périphériques

1 : Armature corallienne. 2 : Remplissage sédimentaire intercolonial.
3 : Dépôts calcarénitiques, biodétritiques, lumachelliques (1) et algaires (a).

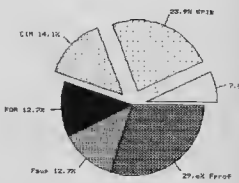
FIG. 152. — Schéma de répartition des principaux milieux du peuplement récifal.

Source : MNHN, Paris

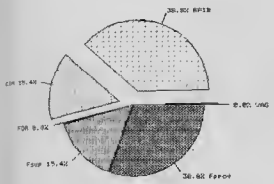
RECIFS D'ALGERIE
TROPHISME



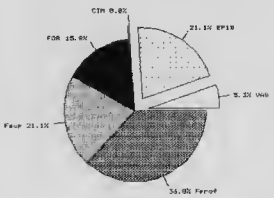
RECIFS D'ALGERIE
MODES DE VIE



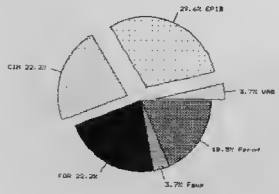
RECIF DU MURDJADJO
MODES DE VIE



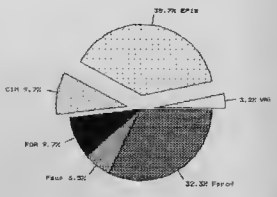
RECIF DE TAFARAOUI
MODES DE VIE



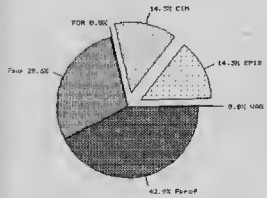
RECIF DE SEBAA CHIOUKH
MODES DE VIE



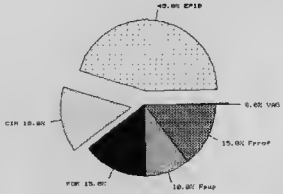
RECIFS DE SIDI SAFI
MODES DE VIE



RECIF D'AOUD SMA
MODES DE VIE



RECIF D'AIN OUMATA
MODES DE VIE



SUSP : Suspensivores. DEPOS : Déposivores. Vagiles. EPIB : Epibyssaux. CIM : Cimentés.
FOR Foreurs. Fsup Fouisseurs superficiels Fprof : Fouisseurs profonds.

FIG. 153. — Proportions des principaux modes de Bivalves dans les récifs d'Algérie.

Source : MNHN, Paris

biodétritiques, les assemblages résultent d'une accumulation de coquilles déplacées ; il s'agit donc d'une thanatocénose. Dans de rares cas, certains éléments de la faune des sédiments meubles peut se retrouver préservés *in situ*. Un exemple très démonstratif en est donné par des exemplaires de *Panopea menardi* encore en position au sein de sables (Kebdana, Maroc).

La faune de Bivalves des divers récifs d'Algérie

Les quelques considérations qui vont suivre se basent sur la réalisation de graphiques destinés à estimer les proportions relatives des diverses catégories écologiques représentées par les espèces de Bivalves. La place manque pour montrer les mêmes graphiques, portant cette fois sur le nombre d'individus, et qui amplifient souvent les résultats obtenus au niveau des espèces. Remarquons qu'est envisagé ici le peuplement représentatif de l'ensemble d'un édifice récifal, tous faciès confondus, ce qui permet d'obtenir une image, sans doute caractéristique (dans la limite de l'échantillonnage), de chaque ensemble.

Globalement, l'analyse des catégories écologiques chez les Bivalves des récifs messiniens d'Algérie, fait ressortir deux éléments ; la prédominance des suspensivores et la répartition sensiblement égale des éléments de l'épifaune et de l'endofaune (Fig. 153). On notera une assez forte représentation des foreurs dont la diversité traduit bien les possibilités offertes par le substrat dur corallien. La même remarque vaut pour les formes cimentées.

L'examen des graphiques établis pour chaque gisement conduit à opérer une distinction entre plusieurs types de récifs :

* récifs « mixtes » à plusieurs genres constructeurs ; malgré quelques différences on constate une certaine unité dans les associations de Sebaa Chioukh, Sidi Safi et Ain Oumata ; en moyenne les formes épilithes dominent tandis que les foreurs sont bien représentés ; cependant l'environnement de plate-forme à importantes accumulations biodétritiques et algaires se remarque plus à Sidi Safi, comme à Tzioua, par l'abondance des formes de substrat meuble ; au Douar Sidi bou Azza (non indiqué sur les graphiques) par exemple, les constructions sont enveloppées d'une lumachelle à Algues où se remarquent de grands Bivalves fouisseurs comme *Lutraria, Venus* ou *Paphia*, alors que l'armature corallienne contient quant á elle essentiellement des épibyssaux et des perforants.

* récifs à *Porites* de « type Murdjadjo » : l'absence (ou peut-être la rareté) des foreurs y est remarquable ; d'autre part la présence de talus biodétritiques à *Halimeda* se traduit par la présence de formes de l'endofaune ; le récif de Melilla au Maroc présente exactement les mêmes caractéristiques ;

* récifs à *Porites* de « type Tessala » : l'association de Bivalves reflète nettement la particularité des constructions observées sur la bordure nord des Tessala ; rappelons qu'il s'agit de masses constituées par un réseau plus ou moins dense de « tapis coralliens » formant des lentilles ou des couches de diverses dimensions ; à Tafaraoui les colonies coralliennes sont séparées par un sédiment biodétritique où abondent les formes fouisseuses, notamment *Gastrana fragilis* qui représente en quantité plus de 25 % des Bivalves ; au niveau d'Aoud Sma, c'est l'importance des apports détritiques terrigènes (sables) qui détermine la représentation privilégiée des espèces de fonds sableux comme les Cardiidae.

Remarques

Certaines disparités ont été constatées dans deux édifices distincts (Sebaa Chioukh et Souk el Khemis en Oranie occidentale) pour le même faciès. Ainsi les constructions à *Porites lobatosepta, Porites calabricae* et *Tarbellastraea reussiana*, développées de manière identique sous influence terrigène fine et situées approximativement dans la même position par rapport à l'ensemble (vers l'arrière), ne recèlent pas tout à fait les mêmes formes, et de plus les proportions des espèces communes varient, aussi bien pour les Bivalves que pour les autres groupes (Moissette & Saint Martin, 1982a ; Saint Martin *et al.*, 1985 ; Chaix *et al.*, 1986 ; Moissette, 1988). Ces différences s'avèrent assez délicates à interpréter. Selon Moissette (1988) il faudrait y voir le résultat d'une plus ou moins grande influence de la mer ouverte.

Source : MNHN, Paris

Le peuplement récifal d'Algérie et du Maroc : reconstitution

La vie dans les récifs

La situation des principaux organismes constitutifs de la faune associée aux édifices coralliens du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc est résumée sur la Fig. 154. Bien que très schématique, cette reconstitution prend en compte les divers types de récifs observés et les faciès représentés. Afin de compléter ce tableau, quelques considérations sur les divers aspects du peuplement récifal seront développées, en référence souvent avec des données actuelles.

Madréporaires vivants et organismes associés

Parmi les organismes vivant en relation avec un hôte corallien, les Cirripèdes Balanidae du groupe des Creusiinae, représentés par *Creusia oraniensis*, constituent ceux dont le témoignage ne souffre pas de discussion (Moissette & Saint Martin, 1982 ; Newman & Ladd, 1974 ; Pajaud, 1976 ; Patton, 1976 ; Ross & Newman, 1973 ; Schuhmacher, 1977 ; Scott, 1985). Les coquilles de ces petits Crustacés sont formées de deux parties distinctes accolées : un calice, plus ou moins profondément enfoncé dans le squelette corallien, et une couronne, à la partie supérieure, avec par une ouverture ovale fermée par des pièces operculaires. Les relations entre *Creusia* et le corail occupé sont étroites tant au niveau des squelettes que des tissus vivants. Malgré la gêne que peuvent apporter la fixation et la prolifération des Cirripèdes, il ne s'agit apparemment pas de parasitisme, mais plutôt de commensalisme dans la mesure où les hôtes coralliens manifestent une certaine tolérance, fournissent un support solide et une protection efficace, dans la zone de recouvrement des tissus. Presque toutes les espèces de Madréporaires reçoivent l'implantation de *Creusia*, à l'exception d'*Acanthastrea* et de *Siderastraea*, avec semble-t-il une préférence pour les constructions à *Porites lobatosepta*. Zullo (1961) signale une telle association entre *Porites* et *Creusia*, dans le golfe de Californie. De manière générale la mort de l'hôte corallien entraîne celle du Cirripède.

On considère que certains vers vivent en relation avec les Coraux vivants. C'est sans doute le cas de ces Serpulidae dont une partie est englobée dans le squelette corallien. De même certains Gastéropodes du genre *Vermetus* peuvent se rencontrer sur les colonies vivantes (Patton, 1976 ; Fischer & Salvat, 1971), voire même intervenir sur la croissance corallienne (Colgan, 1985), mais cette association n'a pas un caractère obligatoire, ces Gastéropodes survivant à la mort des Coraux concernés.

Certains Bivalves foreurs comme *Lithophaga* sont signalés comme pouvant exercer leur action dans les parties vivantes des hôtes coralliens ; ils y trouveraient d'ailleurs des conditions assez favorables (Basson *et al.*, 1977 ; Scott, 1985). Malgré la variété de Bivalves foreurs récoltés, il n'est pas possible de définir une telle relation dans les récifs miocènes, ces organismes s'attaquant plus spécialement aux ensembles coralliens morts.

La chaîne trophique

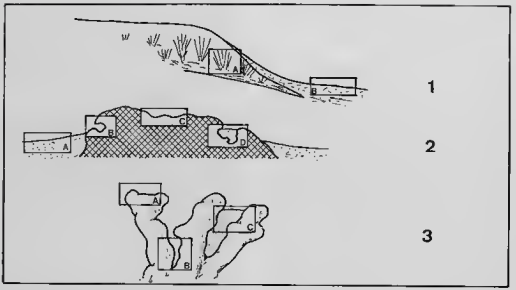
Les organismes recensés dans nos récifs néogènes ne représentent que quelques maillons de la chaîne trophique, en rapport avec leur potentialité de préservation au cours de la fossilisation (Frost, 1977). On peut établir un modèle des relations entre les divers groupes trophiques conservés, et caractérisant les paléobiocénoses récifales. Une reconstitution de la chaîne trophique originelle demanderait une connaissance approfondie des modes d'alimentation de chacune des espèces fossilisées, de celles de leurs proies éventuelles, conservées ou non, et enfin la prise en compte de tout un peuplement dont nous ne pouvons avoir idée que par recoupements ou comparaisons avec des exemples actuels (Chaix *et al.*, 1986).

Les organismes participant aux processus de bioérosion

La bioérosion

Un certain nombre d'organismes participent à la dégradation du récif en désagrégeant de diverses manières le squelette corallien. Leur rôle dans la sédimentation récifale s'avère assez important, car ils mettent en circulation une quantité variable de débris fins calcaires déposés entre les constructions ou dans les diverses zones réceptrices du récif, ils fragilisent le squelette

Source : MNHN, Paris



1. — Récifs à *Porites* (Algérie : Murdjadjo ; Maroc : Melilla).
   A) Constructions :
      — cavitaires nombreux : Échinides et Bivalves,
      — épilithes : Bryozoaires encroûtants,Bivalves, Gastéropodes.
   B) Épandages biodétritiques à *Halimeda* :
      — fouisseurs prépondérants : Bivalves,
      — épilithes : Bivalves, rares Gastéropodes.
2. — « Patchs » coralliens (Algérie : Oranie occidentale).
   A) Sédiments pénphériques biodétritiques, lumachelliques :
      — fouisseurs prépondérants : nombreux Bivalves,
      — épilithes : Bivalves, Gastéropodes
   B) Anfractuosités dans le bâti récifal corallien :
      — formes fixées, dressées : Bryozoaires,
      — cavitaires : Bivalves.
   C) Partie superficielle des colonies :
      — épilithes prépondérants : Bryozoaires encroûtants, Bivalves, Gastéropodes, Crustacés (Décapodes, Balanidae),
      — foreurs : Bivalves,
      — en inclusion dans le squelette : Crustacés Creusiinae.
   D) Sédiment de remplissage :
      — fouisseurs prépondérants : Bivalves,
      — épilithes divers : Bivalves, Gastéropodes.
3. — Constructions à colonies en bouquets (Algérie : Oranie occidentale ; Maroc : région de Fes).
   A) Surface des colonies :
      — épilithes prépondérants : Bryozoaires, Balanes, Vers, Bivalves, Gastéropodes,
      — foreurs : Bivalves,
      — en inclusion dans le squelette : Crustacés Creusiinae.
   B) Anfractuosités entre les « doigts » :
      — cavitaires : Bivalves, Échinides,
      — épilithes : Bryozoaires, Bivalves, Gastéropodes.
   C) Sédiment de remplissage :
      — fouisseurs prépondérants : Bivalves,
      — épilithes : Bivalves, Gastéropodes.

Fig. 154. — La vie dans les récifs du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc.

Source : MNHN, Paris

corallien et enfin ils induisent la formation de cavités diverses (Bablet & Cayet, 1972 ; Fischer, 1980 ; Glynn *et al.*, 1972 ; Goreau *et al.*, 1979 ; Hopley, 1982 ; Hubbard, 1972 ; Hutchings & Bamber, 1985 ; Kaplan, 1982 ; Kiene, 1985 ; Vacelet, 1984 ; Warme, 1977).

Les foreurs

Les perforations du squelette corallien peuvent atteindre parfois une grande densité. Elles affectent les portions des colonies coralliennes qui se nécrosent au cours de la croissance et les parties mortes superficielles des édifices. Elles sont le fait de plusieurs groupes et résultent aussi bien de processus mécaniques que biochimiques (Fatton & Roger, 1968 ; Radwanski, 1977) :

* les Éponges : il s'agit essentiellement des Cliones qui s'attaquent parfois au squelette corallien, formant un réseau caractéristique, et plus souvent aux coquilles de Mollusques ;

* les Annélides : il est fort probable que certains tubes qui recoupent les squelettes coralliens appartiennent à des formes perforantes ; actuellement les Polychaetes participent activement aux processus de bioérosion par forage et en représentent souvent les agents initiaux (Kiene, 1985 ; Hutchings & Bamber, 1985) ;

* les Bivalves : ils sont représentés par plusieurs genres dont l'action est manifeste ; parmi les plus communs on trouve *Lithophaga, Botula* et *Jouannetia* ; *Gregariella, Coralliophaga, Hiatella* et *Pholadidea* apparaissent plus rarement ; on considère classiquement que le résultat du forage des Bivalves lithophages affecte la cohérence du bâti corallien, mais on a pu montrer que certaines espèces actuelles (*Lithophaga obesa*), par divers processus de secrétion, avaient au contraire un rôle consolidateur (Barthel, 1985) ; certaines formes comme *Botula fusca* peuvent également agir actuellement (Thomassin & Coudray, 1981) sur divers substrats (constructions et sédiments indurés), ce qui pourrait être le cas en divers gisements messiniens (Tzioua et Hammar Semmoumet, Algérie).

Les excavateurs

Les organismes cavitaires, permanents ou occasionnels, par divers mouvements, élargissent leur habitacle. Ce sont notamment des Échinides réguliers (Cidaridae) ou des Bivalves (Arcidae).

Les brouteurs

Il est classique de considérer dans les processus de destruction des récifs l'action de poissons brouteurs de Coraux, dont nous n'avons ici aucun reste (Fischer, 1980). D'autres organismes participent de manière similaire à l'érosion du squelette madréporique. Il s'agit surtout des Gastéropodes qui se nourrissent de la pellicule qui recouvre les substrats durs, et formée pour une part de débris végétaux. Ces Gastéropodes en broutant la surface corallienne arrachent avec leur puissante radula des débris du squelette. On peut classer dans cette catégorie des formes comme *Nerita* et *Diodora* (Hopley, 1982), ainsi que *Clanculus, Haliotis...*

Les accumulations

Les principales accumulations de coquilles provenant d'un seul type d'organismes sont le fait de Gastéropodes, des Cerithidae et des Trochidae. Elles se rencontrent toujours en liaison avec les constructions. De telles accumulations ne sont pas rares dans les récifs actuels. On trouve ainsi en abondance des Cerithidae dans des petites dépressions sableuses du bâti (Bablet & Cayet, 1972) ou dans les laisses récifales (Montaggioni *et al.*, 1985 ; Richard, 1976).

Importance des cavités

L'importance dans les récifs du peuplement intrarécifal, c'est-à-dire lié à l'armature corallienne et ses nombreuses niches, a déjà été soulignée (Bonem, 1977 ; Garett *et al.*, 1971 ; Grassle, 1973 ; Pérès & Picard, 1969, Salvat, 1964 ; Twenhofel, 1950 ; Wiens, 1971). Des études récentes montrent qu'une population extrêmement abondante, diversifiée, habite les cavités, anfractuosités, tunnels, zones abritées et sombres ménagées dans le bâti (Logan, 1981 ; Peyrot-Clausade, 1977, 1979, 1981 ; Vasseur, 1981, 1984, 1985). La plupart de ces organismes ne résistent pas à la fossilisation. Il s'agit en effet, en dehors des Mollusques, de Spongiaires, de Coelentérés au corps mou, de Vers, de Crustacés très divers... Les représentants de cette cryptofaune préservés sont des Annélides tubicoles, des Bryozoaires, des Bivalves (Arcidae), de rares Gastéropodes (Triphoridae probablement), des

Source : MNHN, Paris

Échinodermes (Échinides réguliers et Ophiuridae) et quelques Décapodes comme les Xanthidae (*Daira, Actaea, Lachnopodus*). Cependant GARETT *et al.* (1971) distinguent trois types de populations selon l'importance de l'éclairage et observent des formes comme *Spondylus, Chama, Isognomon* et *Lithophaga* dans les cavités peu éclairées.

Les épibioses

Les colonies de *Porites lobatosepta* constituent un terrain d'élection pour tout une épifaune diversifiée. Rappelons que seule la partie supérieure de la colonie est vivante. Une grande portion du squelette nécrosé est ainsi libérée et exploitée comme support par des organismes fixés dont l'ensemble forme une épibiose caractéristique. Parmi ceux dont le squelette adhère au substrat on relève des Bryozoaires toujours présents, des Annélides tubicoles, des Bivalves cimentés (Spondylidae, Ostreidae, Chamidae) et des Crustacés Cirripèdes (*Balanus*). Cette catégorie représente une fraction de l'épibiose originelle préservée *in situ*, donc significative. Cependant certaines formes fixées par un byssus (Arcidae, Pectinidae), se retrouvent en contact avec le substrat corallien, soudés postérieurement. Il en va de même d'épibiontes libres, mais fortement adhérents au substrat comme *Haliotis* toujours conservé directement sur les Madréporaires.

On peut suivre au niveau d'une colonie de *Porites* les processus de nécrose en observant les épibioses secondaires. Ainsi les représentants de *Creusia* obligatoirement liés au Madréporaire vivant sont-ils parfois envahis (jusqu'à l'intérieur de la couronne) par des Bryozoaires et des Annélides, postérieurement à la mort de leur hôte.

Il existe plusieurs « couches » de colonisation des substrats correspondant à des épibioses successives. Les Bryozoaires recouvrent souvent les coquilles d'Ostreidae et de Balanidae elles-mêmes soudées au squelette corallien.

Les organismes nectoniques

Nous ne possédons que peu d'informations sur les habitants nectoniques de l'univers récifal messinien. Les Céphalopodes, dont on retrouve des éléments de mâchoire, et les Sélaciens représentaient sans doute la faune de prédateurs au sommet de la pyramide trophique.

Biocénoses et paléobiocénoses récifales : les difficultés

Introduction

L'ensemble des données récoltées offre, après analyse, une image du milieu récifal corallien du Miocène supérieur en Méditerranée. Cette image est exploitable en tant que base de comparaison avec d'autres édifices récifaux coralliens néogènes ou d'autres types de milieux. Cependant, pour bien comprendre les facteurs globaux et locaux de l'environnement au moment de l'édification il serait souhaitable de pouvoir rapporter ou non l'ensemble à un modèle, actuel si possible, fournissant des informations supplémentaires. A cet égard le peuplement des récifs peut s'avérer significatif. La reconstitution la plus approchée de la situation originelle constituerait donc un élément d'appréciation important. Le problème se pose alors d'évaluer l'amplitude des pertes d'information. Pour mieux circonscrire la question CHAIX *et al.* (1986) ont proposé quelques points de réflexion (repris brièvement dans ce chapitre) à partir du devenir des biocénoses de substrat dur corallien du Messinien.

La paléobiocénose

La paléobiocénose de substrat dur corallien peut s'appréhender comme étant la résultante de l'ensemble des peuplements ayant exploité toutes les possibilités offertes par le biotope. Elle comportera donc les organismes retrouvés en place sur le substrat corallien, l'endofaune et les organismes englobés dans le squelette corallien par bioimmuration.

Des données complémentaires seront fournies par l'étude du sédiment de remplissage renfermant des organismes arrachés du substrat ou déposés après leur mort dans les sédiments meubles périphériques.

Les pertes d'information

L'ensemble des processus taphonomiques a pour conséquence une conservation sélective des

Source : MNHN, Paris

tests et conduit à une perte importante d'information. Jouent un rôle non négligeable les dissolutions, les recristallisations, les destructions mécaniques de coquilles, la bioérosion, le vannage des petites formes... L'altération de certains tests et leur mauvaise conservation en général rendront les déterminations difficiles (cas des Gastéropodes) apportant une source supplémentaire dans le biaisage de l'information.

La diagenèse, en dehors du sujet du présent mémoire, représente évidemment le plus puissant élément perturbateur rencontré par le paléoécologiste. Les études sédimentologiques menées depuis une décennie sur le récif messinien de Santa Pola (Espagne) ont permis d'illustrer les aspects fossiles et vivants de la diagenèse d'origine biologique. L'un des concepts élaborés par MONTY (1986) sur des découvertes de MONTY, BERNET-ROLLANDE et MAURIN, ayant seulement fait l'objet de résumés et *abstracts* (MAURIN, 1987 : communication orale) concerne la dolomitisation et la destruction de structures coralliennes par la dolomie microbienne. Ces phénomènes apparaissent très bien également dans les récifs d'Algérie et du Maroc, comme en témoignent un certain nombre de lames minces réalisées.

Cependant la perte d'information est aggravée si on considère tout le peuplement récifal, quantitativement essentiel, d'organismes au corps mou ou à squelette non conservable.

En moyenne nous ne disposons de renseignements, déjà très partiels, que sur les formes fossilisables. Il est alors important, comme le souligne FROST (1977), d'évaluer les potentialités de préservation des divers groupes d'organismes des peuplements originels, ce qui ne peut se réaliser que sur des exemples actuels et subactuels.

Les reconstitutions

Dans une reconstitution des peuplements récifaux de substrat dur corallien du Messinien, on peut tenter de resituer les organismes ***préservés*** dans leur habitat. Pour aller au delà et essayer une approche de la biocénose originelle il faut nécessairement extrapoler, interpréter, déduire et comparer. Cette démarche se base dans un premier temps sur la logique des interactions écologiques comme le trophisme, le commensalisme, le parasitisme. On peut également considérer comme quasi obligatoire la présence de certains organismes fréquents dans les milieux récifaux et les substrats durs en général. Retenons dans ces catégories des groupes comme les Bactéries, les Algues non calcifiées, les Protozoaires, les Spongiaires, les Coelentérés sans soutien, les Annélides, les Sipunculiens, certains Bryozoaires, de très nombreux Crustacés, les Ascidies... Remarquons qu'on se place là à une échelle taxonomique élevée.

A partir des données de base, non discutables, on peut également tenter de se référer à un modèle actuel pour en tirer des conclusions plus globales. Cette voie apparaît prometteuse en première approximation et se justifie très bien si l'on considère que du Miocène supérieur à l'Actuel le cadre biologique n'a guère évolué dans le domaine marin et que de nombreuses espèces recensées vivent encore actuellement. Notons cependant que, sauf exceptions, la plupart des espèces encore vivantes se trouvent maintenant dans des environnements sensiblement différents du milieu récifal.

Deux approches sont possibles :

* approche globale : de ce point de vue le milieu récifal messinien ne diffère apparemment en rien des modèles actuels, en ce qui concerne la nature des populations associées et leur écologie, et rien ne permet d'établir plutôt une comparaison avec tel ou tel exemple de quelque province biogéographique que ce soit ; de la même manière le peuplement global est identique à celui des formations récifales du Miocène moyen de Paratéthys par exemple (YAKANOVITCH, 1985) ; enfin, fait important, le peuplement récifal ne dépend pas spécialement de la diversité de l'assemblage des Madréporaires, mais des caractéristiques générales de l'armature et de la zonation récifale ; ainsi l'oligospécificité des constructions du Miocène supérieur de Méditerranée n'est pas en soit un critère de différenciation, mais plutôt la traduction de certaines conditions (thermiques semble-t-il) qui influent également sur la faune associée en réduisant sa diversité ;

* approche particulière : la comparaison avec des modèles actuels s'avère au niveau du détail peu probante, la signification de la répartition à l'échelle des espèces restant locale ; ainsi, dans la plupart des récifs, les mêmes genres peuvent peupler des biotopes sensiblement différents (du lagon à la crête algale) mais sont représentés par des espèces distinctes ; d'autre part, les compor-

Source : MNHN, Paris

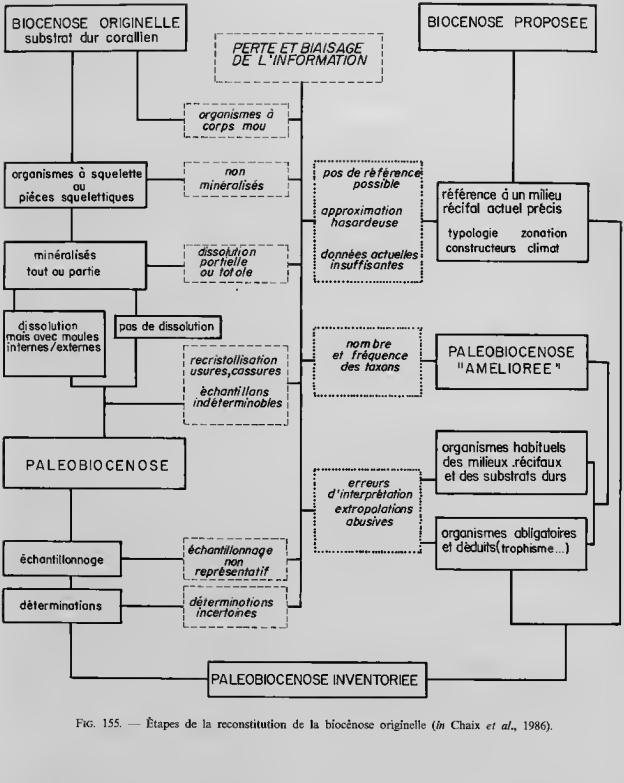


FIG. 155. — Étapes de la reconstitution de la biocénose originelle (*in* Chaix *et al.*, 1986).

Source : MNHN, Paris

tements écologiques (dont le trophisme) et la tolérance à l'égard de facteurs du milieu, varient d'une espèce à l'autre.

En résumé, l'utilisation des modèles actuels, aussi synthétiques et précis soient-ils (HARMELIN-VIVIEN *et al.*, 1982 ; MONTAGGIONI *et al.*, 1985 ; PICARD, 1967 ; TAYLOR, 1971), reste hasardeuse. Par contre, de manière plus générale, il serait possible d'établir des comparaisons dans la répartition spatiale et selon les faciès des taxons (d'ordre supérieur à l'espèce), ainsi que dans les proportions des représentants potentiellement « fossilisables » des diverses catégories écologiques. Il n'y a malheureusement que peu de références disponibles sur ce thème de recherche (FISCHER & SALVAT, 1971 ; FROST, 1977).

Conclusion

Quelque soit la démarche adoptée et même si l'état de conservation le permet, ce qui apparaît très rarement dans les milieux récifaux anciens, on constate l'importance des pertes d'information et des filtres successifs, qui s'interposent, au cours de la fossilisation, entre les biocénoses originelles et les associations recueillies. La Fig. 155 en résume les principaux aspects.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LE PHÉNOMÈNE RÉCIFAL AU MIOCÈNE SUPÉRIEUR EN ALGÉRIE ET AU MAROC IMPLICATIONS DANS L'ÉVOLUTION DE LA MÉDITERRANÉE

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LES FAITS ESSENTIELS

Le problème des « récifs à *Porites* »

Introduction

L'existence au Miocène supérieur, dans le domaine méditerranéen, d'édifices coralliens imposants construits par le seul genre *Porites* constitue un fait suffisamment remarquable pour avoir attiré l'attention des auteurs. Grande a été la tentation d'y rechercher l'annonce ou les effets de la « crise de salinité » messinienne.

Particulièrement bien représentés en Afrique nord-occidentale (Algérie, Maroc), les récifs à *Porites* posent le même problème d'interprétation, eu égard à la présence de récifs plus diversifiés.

La démarche suivie dans ce travail, pour apporter des nouveaux éléments d'appréciation, s'appuie d'abord sur les observations de terrain (et non du contexte global supposé) ; plusieurs évidences se sont ainsi imposées dont il a fallu déterminer les divers aspects et les raisons possibles ; l'interprétation des faits qui s'en déduisait a été ensuite testée par l'examen des données actuelles pour enfin apporter une hypothèse raisonnée. Cependant il a paru souhaitable d'abord de proposer une revue aussi large que possible des travaux abordant ce thème et des explications précédemment apportées.

Les récifs à *Porites*, une évidence

La nature oligospécifique de récifs bâtis par le genre *Porites*, dans différents secteurs de Méditerranée (Espagne, Baléares, Sicile, Italie, Chypre...), n'a pas échappé à de nombreux auteurs :

Addicott *et al.* (1978), Bernet *et al.* (1980), Bossio *et al.* (1978, 1981), Catalano & Esteban (1978) ; Chevalier (1959, 1961, 1977), Dabrio & Martin (1978), Dabrio *et al.* (1981), Esteban (1979), Esteban & Giner (1977a, b, 1980), Esteban & Pray (1979), Esteban *et al.* (1977), Esteban *et al.* (1978), Esteban *et al.* (1982), Fournier (1980), Grasso *et al.* (1982), Maurin *et al.* (1980), Montenat (1977d, e), Montenat *et al.* (1976), Montenat *et al.* (1980), Monty *et al.* (1980), Orszag-Sperber & Rouchy (1979), Ott d'Estevou (1980), Pagnier (1977), Rouchy (1979b, 1980, 1982a, b, 1986), Roux & Montenat (1977), Troelstra *et al.* (1980).

En Algérie et au Maroc, bien que la mise en évidence de certains récifs à *Porites* soit plus récente, les citations sont également nombreuses :

Chaix & Saint Martin (1984), Choubert *et al.* (1966), Charlot *et al.* (1967), Feinberg (1978a, b), Fréneix *et al.* (1987a, b), Guillemin (1976), Guillemin & Rampnoux (1975), Guillemin & Houzay (1982), Houzay (1975), Rouchy (1982a, b), Rouchy *et al.* (1982), Rouchy *et al.* (1986), Saint Martin (1984), Saint Martin & Rouchy (1986), Saint Martin *et al.* (1983).

L'oligospécificité, le caractère exubérant des constructions, l'aspect spectaculaire des colonies, le peu de diversité apparente dans la faune accompagnatrice, tout ceci a incité certains auteurs à évoquer un phénomène « aberrant » ou pour le moins tout à fait anormal :

Dabrio & Martin (1978), Esteban (1979), Esteban & Giner (1977a, b), Esteban & Pray (1979), Esteban *et al.* (1977).

Les données et les explications proposées

La manifestation apparemment généralisée d'une activité récifale monogénérique à *Porites* a naturellement suscité quelques tentatives d'explication, finalement peu diversifiées.

Appauvrissement des communautés coralliennes au Miocène

Le premier, Chevalier (1958, 1959, 1961, 1962, 1974b, 1977) a souligné la réduction progressive de la diversité des communautés de Madréporaires récifaux au cours du Miocène. Ainsi, selon cet auteur, on comptera-it en Méditerranée occidentale 49 genres au Burdigalien, 22 à l'Helvétien, 14 au Tortonien, 2 au sommet du Miocène. Bien que ces délimitations stratigraphiques et certaines déterminations génériques demandent une révision, il n'en reste pas moins que le Miocène supérieur est caractérisé en

Source : MNHN, Paris

Méditerranée par un nombre peu élevé de constructeurs. Sur le versant atlantique (Europe, Afrique du Nord) cette dégradation apparaîtrait plus précocement et il ne demeurerait quasiment plus d'édifices coralliens au Miocène supérieur, en liaison avec un refroidissement généralisé durant le Miocène et les conséquences de l'ouverture de l'Atlantique (CHEVALIER, 1958, 1964 ; ANTUNES & CHEVALIER, 1971 ; CHEVALIER & NASCIMENTO, 1975 ; CHEVALIER, 1977 ; CHEVALIER & MASSE, 1980). A la suite de la rupture des communications avec l'Océan Indien, la Méditerranée, protégée partiellement des influences atlantiques froides, aurait donc constitué un refuge pour la faune de Madréporaires hermatypiques (ESTEBAN *et al.*, 1977 ; ESTEBAN *et al.*, 1978 ; ESTEBAN, 1979).

Cependant, la pauvreté qui caractérise les communautés coralliennes pourrait constituer une situation de base à partir de laquelle interviennent des facteurs additifs déterminants (DABRIO & MARTIN, 1978 ; ESTEBAN, 1979 ; ESTEBAN & GINER, 1977a, b ; ROUCHY, 1980, 1982a, b, 1986 ; ROUCHY *et al.*, 1986 ; SAINT MARTIN, 1984 ; SAINT MARTIN & ROUCHY, 1986).

Les récifs à Porites et la crise de salinité messinienne

Le contexte géologique messinien devait tout naturellement conduire à rechercher un rapport entre la présence des récifs à *Porites* et les modifications d'environnement qui ont mené à la phase évaporitique :

* les récifs à *Porites* témoins et marqueurs d'une « crise » : la faune récifale serait affectée par les diverses conséquences de l'évolution de la Méditerranée vers un bassin isolé (BOSSIO *et al.*, 1978 ; ESTEBAN & PRAY, 1979 ; ESTEBAN & GINER, 1980 ; POMAR *et al.*, 1983) ; dans des conditions dégradées seul le genre *Porites* résisterait à un début de confinement (MONTENAT, 1977e ; FOURNIER, 1980 ; OTT D'ESTEVOU, 1980 ; ROUCHY, 1982a, b, 1986) ou une à salinité plus forte que la normale, notamment au niveau des marges (ESTEBAN *et al.*, 1977 ; ESTEBAN, 1979 ; TROELSTRA *et al.*, 1980 ; ROUCHY, 1980) ; cependant l'incidence éventuelle des récifs sur le confinement a été également notée (VAN GORSEL & TROELSTRA, 1980 ; ROUCHY, 1980) ; PAGNIER (1977) fait quant à lui intervenir plutôt une baisse de salinité ;

* les récifs à *Porites* et l'influence de facteurs climatiques et locaux : un abaissement de la température des eaux marines durant le Miocène serait responsable de l'évolution des communautés de Madréporaires vers l'oligospécificité avec la disparition au Tortonien de nombreux taxons, puis la prédominance du genre *Porites* accentuée par des perturbations locales d'environnement (SAINT MARTIN, 1984 ; SAINT MARTIN & ROUCHY, 1986 ; ROUCHY *et al.*, 1986) ; dans ce cadre, la dégradation du milieu au cours du Messinien aurait surtout entraîné la disparition de l'édification corallienne en général et permis à l'activité cyano-bactérienne de prendre de relais (ROUCHY *et al.*, 1986).

Les récifs à Porites marqueurs stratigraphiques?

Si l'on intégre les récifs à *Porites* dans le cadre de la « crise messinienne », il est logique de considérer qu'ils en marquent une étape. Sur cette base les récifs monogénériques à *Porites* deviendraient caractéristiques du Messinien (ESTEBAN *et al.*, 1977 ; MONTENAT, 1977e ; DABRIO & MARTIN, 1978 ; BOSSIO *et al.*, 1978 ; ESTEBAN, 1979 ; GRASSO *et al.*, 1982 ; POMAR *et al.*, 1983). Ce point de vue a cependant suscité des contestations, toute distinction stratigraphique basée sur des critères purement écologiques (recensement de communautés) s'avérant incertaine (SANTISTEBAN, 1981 ; SAINT MARTIN, 1984).

Différences entre Méditerranée occidentale et orientale

En Méditerranée orientale les communautés de constructeurs seraient au Messinien plus diversifiées. Pour ROUCHY (1982a, b), l'activité récifale aurait plus précocement cessé dans la partie orientale ; pour BOSSIO *et al.* (1978) et ESTEBAN (1979), la Méditerranée orientale aurait été protégée des apports d'eaux froides d'origine atlantique. Cependant quelques constructions à *Porites* sont signalées à Chypre (ORSZAG-SPERBER & ROUCHY, 1980).

L'examen des faits actuels

Pour CHEVALIER (1959), un phénomène assez comparable à celui de l'oligospécificité des récifs à *Porites* du Livournois (Italie) se retrouverait

Source : MNHN, Paris

dans le Pliocène de Californie (DURHAM, 1947), mais les récifs monogénériques seraient rares. Cependant des récifs à *Porites* ou à *Pocillopora* sont signalés au Pleistocène et actuellement dans la région du golfe de Californie (GLYNN, 1973b ; HECKEL, 1974 ; SQUIRES, 1959). D'autre part les assemblages ou communautés ou faciés à *Porites* sont souvent évoqués (BOSENCE *et al.*, 1985 ; BRAITHWAITE, 1971 ; GLYNN, 1973a ; STODDART, 1969 ; TURMEL & SWANSON, 1976) et mis en correspondance avec des conditions extrêmes de température (notamment basses températures), turbidité et salinité (apports d'eau douce). Les Poritidae montrent un des plus forts taux de croissance (GOREAU *et al.*, 1979) ; les constructions à *Porites* en « doigts » sont fréquentes et parfois exubérantes (GLYNN, 1973a ; KAPLAN, 1982 ; SQUIRES, 1959). Enfin de manière générale les genres *Porites* et *Siderastraea* s'avèrent très tolérants vis-à-vis des valeurs extrêmes de température et salinité (HAMADA, 1975 ; KINSMAN, 1964 ; MACINTYRE & PILKEY, 1969 ; VAUGHAN, 1919).

Les objections et le bilan

Relier uniquement l'édification de récifs monogénériques à la « crise de salinité messinienne » se heurte aux objections suivantes :

— il n'y a pas interstratification des constructions à *Porites* et à stromatolithes (qui témoignent de conditions dégradées de milieu), mais bien superposition ;
— la prolifération des Algues Rhodophycées au début de l'édification, puis leur présence même discrète pendant et en fin de phase constructrice, ainsi que l'abondance permanente des Chlorophycées (*Halimeda*) ne semblent guère compatibles avec un confinement ou une salinité accentués ; la même remarque vaut pour les organismes associés ;
— la nature des constructions en gerbes verticales, loin d'apparaître comme une aberration et d'indiquer des conditions d'environnement globalement dégradées, témoigne plutôt d'un fort taux de croissance ; actuellement les colonies de *Porites* soumises à un certain confinement (impliquant ou non une sursalinité) s'organisent en « micro-atolls », constructions totalement absentes dans les récifs messiniens ;
— certains récifs dûment datés du Messinien sont plurigénériques ; il est même difficile dans certains cas d'invoquer une antériorité de ces constructions ; ainsi pour le récif à *Porites* de Santa Pola (Espagne) il n'a pas été possible d'affirmer, sur la foi de preuves biostratigraphiques sûres, un âge messinien ;
— on n'observe pas dans le temps l'évolution directe, ni la superposition d'un récif plurigénérique vers un récif à *Porites* (sauf peut-être à Sorbas en Espagne) ; bien souvent c'est le contraire, le genre *Porites* ayant assuré le rôle de colonisateur ; les récifs à *Porites* sont ***dès le départ*** monogénériques ;
— les exemples actuels de récifs monogénériques (peu souvent évoqués) montrent surtout l'influence locale déterminante de certains paramètres du milieu.

Insister sur le caractère « aberrant » ou «anormal » d'un phénomène biologique, c'est utiliser un concept très subjectif. En réalité toute différenciation par rapport à une situation jugée moyenne traduit une réponse « normale » qui est la recherche de l'adaptation aux conditions d'environnement (physico-chimiques et biotiques).

En conclusion il faut maintenant rappeler les principales caractéristiques du fait récifal au Miocène supérieur et l'intervention du genre *Porites* :

— le genre *Porites* est présent dans ***tous*** les récifs tortono-messiniens ;
— le genre *Porites* est souvent prédominant ;
— le genre *Porites* est représenté par plusieurs espèces et des morphologies coloniales diversifiées : massives, en bâtons subdendroïdes, laminaires, en colonnes ; ce polymorphisme lui permet de s'adapter à toutes les conditions de profondeur et d'hydrodynamisme ;
— le genre *Porites* est le plus résistant à l'égard de certains facteurs d'environnement : taux de sédimentation élevé, forte turbidité, variations de salinité, variations thermiques... ;
— le genre *Porites*, plus particulièrement avec les formes en « bâtons » ou digitées, montre la croissance la plus rapide ;
— le genre *Siderastraea* accompagne très souvent les constructions à *Porites* et se caractérise actuellement par sa tolérance aux basses températures.

Source : MNHN, Paris

Les observations de terrain

L'Algérie

En Algérie, les récifs á *Porites* se développent sur toute la bordure septentrionale des Tessala et occupent le massif du Murdjadjo. Pendant l'édification, la sédimentation terrigène est faible en général, sauf dans la zone d'épandage détritique sablo-marneuse de Sig (Tessala). La sédimentation post-récifale est marquée par le développement des conditions évaporitiques et le dépôt d'une épaisse série gypseuse.

Concrétisant l'idée qu'une explication du phénoméne des récifs á *Porites* pouvait être recherchée dans l'évolution globale de la sédimentation, la Fig. 105 résume les rapports entre faciés pré-récifaux et communautés coralliennes en Algérie. Il apparaît très nettement que les récifs á *Porites* se développent uniquement á proximité de zones á accumulation diatomitique. Deux exemples sont particuliérement probants :

* littoral oranais : autour de la baie de Bou Zadjar, les constructions récifales messiniennes succèdent á une série marneuse épaisse et sont nettement plurigénériques ; mais á quelques kilométres á l'Est, des récifs á *Porites* sont installés sur des marno-calcaires et des diatomites ;

* bordure nord des Tessala : tout au long des Tessala les récifs á *Porites* forment une bande presque ininterrompue sur plusieurs dizaines de kilométres et la sédimentation pré-récifale comporte des laminites diatomitiques ; la seule exception se rencontre dans le secteur Oued Ouenkis-Dj. Meskine oú les récifs sont plus diversifiés et les diatomites absentes.

Le Maroc

Au Maroc les constructions á *Porites* constituent le complexe récifal de la presqu'île des Trois Fourches et du Taourirt Medil prés de Melilla, et sont présentes dans le bassin de Boudinar. A Melilla la période post-récifale est marquée par l'évolution vers un milieu lagunolacustre et l'absence de dépôts évaporitiques.

La présence conjointe de récifs á *Porites* et de diatomites se retrouve á Melilla et á Boudinar. Les récifs frangeants des Kebdana, proches de Melilla, sont plurigénériques et les sondages implantés plus au Nord n'ont pas rencontré de formations diatomitiques. Dans tout le reste du Maroc les communautés coralliennes sont nettement plus diversifiées, mais marquées toutefois par l'omniprésence de *Porites*.

Conséquences

La liaison récifs á *Porites*/diatomites s'impose comme une évidence au simple examen des faits de terrain. Elle ne souffre d'ailleurs pas d'exception, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de récifs développés uniquement par *Porites* dans des zones dépourvues de diatomites et inversement partout oú les accumulations diatomitiques se sont produites, ce sont uniquement des constructions á *Porites* exclusif qui s'installent. De plus il convient de remarquer que l'incidence est directe puisque dés le début les constructions sont monogénériques. La présence de colonies globuleuses, même peu conséquentes, de *Siderastraea* dans ces récifs constitue un élément supplémentaire á prendre en considération.

La principale conséquence peut se formuler de la manière suivante : les facteurs et mécanismes qui sont á l'origine de certaines accumulations diatomitiques ont probablement déterminé également les caractéres de l'activité récifale corallienne.

Les accumulations diatomitiques messiniennes en Méditerranée

Les données générales

ROUCHY (1980, 1982a, b, 1983, 1986) distingue deux types de laminites diatomitiques :

« — les diatomites de type 1, plus massives, présentant généralement une lamination plus fruste, localisées en marge de certains bassins de Méditerranée occidentale avec une extension géographique réduite (col de Ginovinos á Murcie, Sidi Hadj Youssef á Boudinar, marge sud du bassin du Chelif, certaines laminites de Sicile, etc.) ; le dépôt de ces diatomites, absentes de Méditerranée orientale, est mis en relation avec le fonctionnement local de systémes d'*upwellings* assurant une forte productivité et témoignant (outre un régime climatique particulier : vents) d'une circulation marine active dans le bassin ; un appauvrissement du milieu en oxygéne permet ainsi le dépôt de laminites ;

— les lamnites et laminites diatomitiques de type 2, occupant toute la partie centrale des bassins de Méditerranée occidentale ou orientale, de nature principalement diatomitique mais aussi calcaire (á nannoplancton ou á

Source : MNHN, Paris

aragonite notamment en Méditerranée orientale) ; caractérisées par la richesse en matière organique, la préservation de la lamination, la présence locale d'indices de milieux réducteurs (réduction des sulfates avec formation de soufre natif), elles traduisent un confinement plus étendu et plus généralisé de la tranche d'eau avec stratification et individualisation d'un corps inférieur appauvri en oxygène ou franchement euxinique. » (ROUCHY, 1982b).

MONTENAT (1977e) a établi la même distinction dans le SE de l'Espagne. Pareillement, pour MEULENKAMP *et al.* (1979) la formation de sédiments marneux á laminations résulterait de phénomènes d'*upwellings* ou d'une stratification des eaux. De manière générale l'origine des diatomites messiniennes pourrait être recherchée notamment dans le fonctionnement probable de remontées d'eaux froides marginales (BENDA *et al.*, 1985 ; BIZON & MULLER, 1979 ; BOSSIO *et al.*, 1981 ; GEEL, 1977 ; GERSONDE, 1978, 1979 ; STURANI & SAMPÓ, 1973 ; VAN GORSEL & TROELSTRA, 1980). Alors que la présence de certains poissons bathy-pélagiques (Myctophidae) dans les diatomites I avait été reliée á une profondeur de dépôt assez importante (ARAMBOURG, 1927 ; ARAMBOURG & MONTENAT, 1968), ce même fait est maintenant attribué aux conséquences d'*upwellings* ayant entraîné par ailleurs des phénomènes de mortalités massives répétées de l'ichthyofaune (BIZON *et al.*, 1972 ; MONTENAT, 1977e ; GAUDANT, 1978). Remarquons enfin que SONNENFELD (1975) évoque parmi différents modèles de genèse des évaporites, celui des « upwelling waters » tiré de BRONGERSMA-SANDERS (1971).

Les diatomites en Algérie

La formation des diatomites de la région d'Oran et de Sig a d'abord été mise en relation avec une importante production de silice dûe á des activités volcaniques (ARAMBOURG, 1929 ; NEURDIN-TRESCARTES, 1974). PERRODON (1957) le premier suggére l'influence de courants froids ascendants. L'étude des Diatomées et des Silicoflagellés (BAUDRIMONT & DEGIOVANNI, 1974a, b) démontre des mélanges de formes chaudes et froides, benthiques et planctoniques qui ne peuvent s'expliquer que par l'action de courants froids ascendants. Les mêmes conclusions sont tirées de l'étude du nannoplancton (MULLER, 1979) ou des Radiolaires (CAULET, 1979). MOISSETTE (1987) souligne l'alternance de niveaux marneux á faune benthique développée, renfermant des Bryozoaires, et de niveaux où l'accumulation sur le fond de matière organique en décomposition entraîne un appauvrissement en oxygéne et une réduction de la vie benthique en rapport avec le fonctionnement du système d'*upwellings*.

Les diatomites au Maroc

Les formations diatomitiques les plus connues sont celles du bassin de Boudinar. Pour HILLALI & NATAF (1970), les matériaux d'origine volcanique auraient fourni la silice nécessaire à la constitution du test des Diatomées. GARDETTE (1979) relève la présence d'espéces de Diatomées froides évoquant des apports d'eau atlantique. Cependant l'examen du nannoplancton et les mesures isotopiques faites sur les tests de Foraminifères ainsi que l'analyse des caractéres sédimentologiques de la formation diatomitique suggérent la mise en place d'un système d'*upwellings* (BIZON *et al.*, 1979 ; GUILLEMIN & HOUZAY, 1982 ; ROUCHY, 1982a).

D'autres dépôts diatomitiques, moins développés, sont connus dans le bassin du Kert, á Izarorène et á Melilla.

Autres données

De manière générale le Miocéne est marqué par une réorganisation des systémes de circulation des eaux. Des différences de température entre les régions polaires et équatoriales entraînent la formation de vents rapides et augmente les remontées d'eau (KENNETH, 1982) ; ainsi, une forte productivité biologique riche en silice s'observe en divers points de la planéte, notamment autour du Pacifique où se déposent des sédiments diatomitiques. De même LECLAIRE et DENIS-CLOCCHIATTI (1984) soulignent que les accumulations á Diatomées et á Radiolaires, en bordure des marges, sont á mettre en relation avec l'intensification des *upwellings* côtiers.

BIGNOT (1981) note, parmi les conditions propices á la création d'un gisement de diatomites, le développement intensif des Diatomées (« bloom ») et, dans le cas des bassins littoraux, l'existence d'apports océaniques riches en éléments nutritifs par des remontées côtiéres d'eaux profondes. Il est évident que la production primaire en phytoplancton et en zooplancton augmente notablement en zones d'*upwellings* saisonniers (BINET, 1983a, b).

Source : MNHN, Paris

Le golfe de Californie constitue un champ d'études particuliérement favorable á la compréhension des accumulations diatomitiques. Ces derniéres sont constatées autant dans le registre géologique (depuis le Miocéne notamment) qu'actuellement. En ce qui concerne la formation de Monterey, BARRON (1986) observe que vers la fin du Miocéne un enrichissement en diatomites reflète un accroissement de froid d'origine polaire et une intensification d'*upwellings*. C'est non seulement la prolifération et l'accumulation des Diatomées qui indiquent le fonctionnement des *upwellings*, mais aussi les associations de Diatomées et leur croissance (CURREY & MOORE, 1982 ; MURRAY & SCHRADER, 1982 ; SCHRADER, 1982). Le mécanisme de stratification des niveaux diatomitiques a été également décrit (HÜSELMANN & EMERY, 1961 ; CALVERT, 1966). Il résulterait de la conjonction de plusieurs facteurs : « blooms » phytoplanctoniques liés aux *upwellings*, apports terrigénes fins et éventuellement apports turbiditiques. La forte production cyclique de matériel organique entraîne un appauvrissement en oxygéne sur le fond et les organismes benthiques sont alors rares ; la vie benthique reprend lorsque le taux d'oxygéne est suffisant et les lamines diatomitiques peuvent être bioturbées.

Conclusion

La prolifération (« bloom ») et l'accumulation des Diatomées se produisent donc en général dans les zones de remontées d'eaux profondes froides initiées par un systéme de circulation éolienne. Le dépôt des diatomites suppose évidemment la présence d'un bassin récepteur marginal séparé normalement du bassin central plus profond par un seuil. Selon ROUCHY (1982a), « la conjonction de l'effet d'un dispositif morphologique d'une part et d'un régime particulier des vents d'autre part, peut rendre compte de remontées d'eaux profondes issues du domaine central algéro-baléare en communication aisée avec le domaine océanique ».

Dans les secteurs oú avoisinent sédiments diatomitiques et récifs coralliens, toutes les conditions sont réunies pour suggérer la mise en place d'un systéme d'*upwellings* : position trés marginale au bord de plates-formes plus ou moins étendues avec souvent intercalation de calcaires á Mélobésiées et diatomites, présence des restes de poissons Myctophidae, indications de variations cycliques de la température des eaux superficielles, présence de Diatomées ou Radiolaires á affinités froides atlantiques..,

Si le phénomène de remontée d'eaux profondes doit être invoqué pour la formation des laminites diatomitiques, quels en seraient les effets sur l'édification récifale ?

Récifs coralliens et *upwellings*, les données actuelles

Température et récifs coralliens

Le premier facteur de répartition géographique et paléogéographique des récifs coralliens est d'ordre thermique (CAILLEUX, 1951 ; COTTER, 1965 ; ENDEAN, 1973 ; HOPLEY, 1982 ; ROSEN, 1971 ; STODDART, 1969 ; VAUGHAN, 1919). La température de l'eau dépend du systéme de distribution des courants marins et des vents dominants (SCHUHMACHER, 1977) et influe directement sur la composition des communautés coralliennes.

Incidence des upwellings *sur les récifs coralliens*

Selon THOMASSIN (1984) : « ... toute côte tropicale, suffisamment stabilisée, non soumise á des apports sédimentaires, alluvionnaires ou éoliens, importants, ainsi qu'á des arrivées d'eaux froides par des courants marins ou de grands *upwellings*, doit présenter des formations coralliennes ». L'existence de circulations d'eaux froides sur les bordures orientales des océans (côtes occidentales d'Afrique et d'Amérique) avec développement d'*upwellings* détermine des conditions défavorables á l'implantation récifale et á la diversité de la faune corallienne (LADD, 1950 ; MILLIMAN, 1974 ; RANSON, 1950 ; ROBIN, 1983 ; SMITH, 1972 ; STODDART, 1969 ; THOMASSIN, 1975 ; VAUGHAN, 1919 ; WIENS, 1971).

Dans le domaine indo-pacifique, pour expliquer la pauvreté de la faune récifale aux Iles Marquises par rapport aux autres îles coralliennes du Pacifique, RANSON (1952) avait invoqué la présence voisine d'eaux froides en profondeur remontant plus ou moins vers la surface. CHEVALIER (1973a, 1978) constate également la faible diversité en Madréporaires dans certains secteurs, notamment aux Iles Marquises, et considére comme possible la présence d'*upwel-*

Source : MNHN, Paris

lings ; plus localement, toujours selon CHEVALIER (1974a, 1979), la raréfaction ou la disparition des Madréporaires dans les zones externes de quelques récifs (Sud et SE de la Polynésie, Iles Gambier) impliqueraient d'éventuelles remontées d'eau froide.

Les récifs des côtes américaines du Pacifique tropical présentent des caractéristiques similaires et sont en général constitués par un nombre d'espèces relativement faible de Coraux hermatypiques. Cette pauvreté en constructeurs a été attribué à diverses causes (CANTERA, 1983) : origine récente, existence d'*upwellings*, développement de grandes plages de sable, présence de nombreux fleuves et importance des précipitations. Si certaines situations répondent à l'un ou plusieurs de ces facteurs n'impliquant pas forcément une contrainte thermique (cas de l'Ile de Gorgona, sur la côte de Colombie, selon Cantera), l'influence des *upwellings* a été clairement invoquée pour expliquer la restriction dans la distribution des constructions et leur pauvreté spécifique (GLYNN *et al.*, 1972). La prédominance de *Pocillopora*, genre au squelette poreux comme *Porites*, s'explique par sa tolérance á des arrivées périodiques d'eau froide dans des aires à *upwellings* et sa croissance dépend étroitement du fonctionnement de ces *upwellings* (GLYNN, 1977). Dans le Golfe de Californie, SQUIRES (1959) souligne l'oligospécificité des constructions, souvent faiblement développées, à *Pocillopora* et *Porites* et ceci en relation avec des facteurs thermiques. Ainsi les récifs á *Porites* (*P. californica*) montreraient le développement de colonies particulières (digitées, en bâtons), écotypes qui répondraient à une baisse de la température.

Dans le domaine atlantique, la répartition des récifs coralliens dépend en grande partie des courants marins. Ainsi le Gulf Stream permet-il un réchauffement propice au développement des Scléractiniaires (Bermudes). Par contre l'existence de courants froids et d'*upwellings* limite l'extension des constructions et la diversité des constructeurs. C'est le cas des récifs de la côte du Venezuela (COLIN, 1978 ; SCHUHMACHER, 1977) où les principaux et presque uniques constructeurs appartiennent aux genres *Porites* et *Siderastraea* (GLYNN, 1973b) ou de la plate-forme continentale du Yucatán, dans le golfe de Mexico (FERRE d'AMARE, 1985 ; LOGAN *et al.*, 1969).

Enfin pour HALLOCK & SCHLAGER (1986), c'est l'action conjuguée de la température des eaux et d'un excès insupportable d'apports nutritifs qui influencerait négativement le développement des Madréporaires dans les zones d'*upwellings*.

Conclusion : l'influence du phénomène d'*upwellings*

L'existence de récifs très développés mais oligospécifiques constituait apparemment une contradiction entre un facteur général favorisant l'activité récifale vers la fin du Miocène et des contraintes également sévères restreignant cette activité au seul genre *Porites*. Dans la plupart des hypothèses proposées ces contraintes se rapportaient au cadre général de la « crise évaporitique messinienne ». Bien que l'oligospécificité favorise une « explosion » du genre survivant il paraissait difficile d'admettre qu'un phénomène aussi global et des conditions aussi contraignantes que le confinement ou l'augmentation du taux de salinité permettent un tel développement.

La contradiction est levée si l'on considère que l'activité récifale corallienne est générale et même exubérante dans toute la Méditerranée entre le Tortonien et le Messinien, mais que la composition des communautés de Madréporaires résulte de conditions locales (ou régionales). On sait que dés le Tortonien on met en évidence l'existence d'un stock trés réduit d'espéces constructrices consécutivement à un certain refroidissement climatique. Il est cependant possible que l'épanouissement récifal, qui s'inscrit dans le cadre de la transgression généralisée qui débute au sommet du Tortonien et montre son maximum durant le Messinien, corresponde á un léger réchauffement ou du moins à une stabilisation des conditions thermiques. Les moindres variations des paramètres de l'environnement entraînent une sélection dans ce stock ; le genre *Porites* (plus accessoirement *Siderastraea*), est le mieux armé pour les tolérer. Il est donc devenu le genre dominant en Méditerranée et représente bien souvent la forme pionnière. On admet que la température constitue le principal élément de distribution et de diversité corallienne. Or la présence des remontées d'eaux froides le long des côtes ou des hauts-fonds bordiers provoque, non seulement la prolifération et l'accumulation de Diatomées dans les bassins adjacents, mais également la restriction des communautés corallienne au seul genre *Porites* et ceci dés l'implantation récifale. Il conviendrait de ne pas oublier que le

Source : MNHN, Paris

nombre de genres écartés se réduit finalement á 4 ou 5, dont plus spécialement *Tarbellastraea*.

Les récifs développés en dehors des aires de remontées d'eau froide ou qui en sont protégés, comme par exemple la bordure méridionale des Tessala ou plus largement toute l'Oranie occidentale et le sillon sud-rifain, montrent une diversité — bien relativement — plus grande.

Force est de remarquer que l'édification des récifs á *Porites* semble dissociée des « blooms » phytoplanctoniques puisque généralement elle succède dans le temps à la formation des diatomites. On peut penser que dans un premier temps l'existence locale d'*upwellings* n'a pas permis le développement récifal, c'est la période de constitution des couches á Mélobésiées sur les bordures. L'activité constructrice du seul genre *Porites* serait ensuite liée á une atténuation du phénoméne de remontée d'eaux profondes et sans doute des modifications sont-elles intervenues dans la configuration des bassins marginaux (comblement, arrêt de la subsidence, mouvements tectoniques...) ne permettant plus le dépôt diatomitique ; les bassins récepteurs auraient alors eu une position plus distale par rapport aux récifs.

Toutes ces constatations convergent donc pour assigner au phénomène d'*upwellings* un rôle de contrôle des associations coralliennes dans les récifs d'Algérie et du Maroc. Cependant il convient bien sûr d'en tester la validité au regard des autres régions récifales messiniennes de Méditerranée. Il en sera rendu compte plus loin.

La distribution conjointe des accumulations diatomitiques et des récifs á *Porites* représente un guide dans l'établissement éventuel de la circulation des masses marines et aériennes en Méditerranée. Elle met également en évidence la paléogéographie complexe du Messinien marquée par l'existence d'un grand nombre de bassins marginaux plus ou moins larges, en communication avec un bassin central plus conséquent (Fig. 156) et qui en sont séparés par des seuils dont le rôle va s'avérer extrêmement important dans l'évolution sédimentaire de chaque bassin (isolement plus ou moins marqué, confinement...).

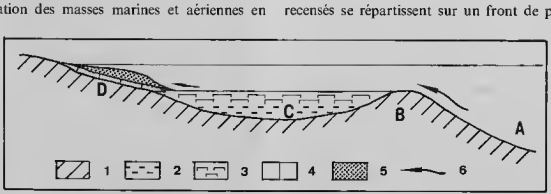
L'explosion récifale de la fin du Miocéne, le grand développement des Algues et l'existence d'*upwellings* suggéraient déjà des communications aisées avec l'Atlantique. Or si les récifs á *Porites* se sont établis dans des aires de fonctionnement d'*upwellings*, cela signifierait que ces communications ont perduré un certain temps dans le Messinien.

Enfin l'activité récifale est bien évidemment liée á celle des Madréporaires. C'est la disparition définitive de ces derniers qui va en fait coïncider avec ce qu'il est convenu d'appeler la « crise » messinienne, á un moment oú les conditions deviennent intolérables et incompatibles á la survie corallienne, même pour ce genre *Porites* si résistant et l'on est tenté de penser que la détérioration de l'environnement fut suffisamment décisive pour éliminer aussi radicalement tous les Coraux hermatypiques.

Bilan de l'édification récifale

Extension géographique

Les récifs coralliens du Miocéne terminal recensés se répartissent sur un front de prés de



1 : Substratum anté-messinien. 2 : Marnes (de type « marnes bleues »). 3 : Diatomites.
4 : Calcaires de plate-forme. 5 : Édifices coralliens oligospécifiques. 6 : Fonctionnement des *upwellings*.

Fig. 156. — Récifs á *Porites* et fonctionnement des *upwellings*.
A : Bassin profond ; B : Seuils ; C : Bassin marginal ; D : Haut-fond ou marge.

Source : MNHN, Paris

800 km, depuis les environs de Meknès dans le Maroc occidental jusqu'à la vallée du Chélif en Algérie (Fig. 1). Ils se sont installés dans un certain nombre de bassins aux dimensions et aux dispositifs morphologiques variables. Au Maroc les récifs coralliens se sont développés de manière presque continue dans tout le sillon sud-rifain en bordure du Moyen Atlas, dans les bassins intramontagneux rifains, dans les bassins de Boudinar et de Melilla, et au piémont des Kebdana. En Algérie ils apparaissent dans toute l'Oranie occidentale (bassin de la Tafna), dans les environs d'Oran (littoral oranais) et dans le bassin du Chélif. La limite méridionale globale de leur extension marque également souvent l'avancée maximale de la mer messinienne.

Premier constat : les constructions récifales coralliennes sont présentes au Miocène terminal dans tous les secteurs marins d'Algérie et du Maroc.

Ce fait ne semble pas avoir d'équivalent pour les autres périodes du Néogène. Remarquons d'ailleurs que dans l'état actuel de nos connaissances il n'existe pas de véritables récifs coralliens du Miocène inférieur ou du Miocène moyen dans la partie occidentale de l'Afrique du Nord.

Importance des édifices

Les dimensions et la puissance de chaque édifice ou groupe d'édifices varient largement. Il s'agit aussi bien de petits « patchs » limités ou de lentilles intercalées dans divers sédiments que de complexes trés développés comme ceux du Murdjadjo ou de Melilla aux dimensions plurikilométriques. Il est évident que ce sont les facteurs de l'environnement qui règlent en premier lieu l'importance de chaque construction et plus spécialement la forme et la dimension des hauts-fonds ou des zones littorales qui permettent la croissance corallienne. La sédimentation joue cependant un rôle de contrôle dans la limitation verticale et horizontale du développement récifal. D'autre part la puissance des édifices est conditionnée par divers facteurs tels que la subsidence, les mouvements tectoniques et les fluctuations du niveau marin.

Deuxième constat : l'importance des constructions coralliennes et de leur extension spatiale souligne les caractéres de l'organisation paléogéographique du Miocéne supérieur et de son évolution.

La sédimentation

L'édification récifale est intervenue dans des environnements sédimentaires diversifiés. Schématiquement on peut en envisager deux types : les secteurs á forte sédimentation terrigène et les secteurs à sédimentation de type plate-forme carbonatée. Dans le premier cas les récifs ont eu á subir des apports argileux, silicoclastiques ou détritiques grossiers qui, tout en perturbant dans le détail la croissance corallienne, n'ont pas empêché la manifestation du fait récifal.

Troisième constat : les constructions coralliennes se sont établies, maintenues et développées dans des environnements sédimentaires variés, parfois défavorables.

Les communautés de Madréporaires

De maniére générale l'édification est le fait d'un nombre restreint de genres de Madréporaires. Il existe un fonds commun á toutes les constructions où prédominent selon les cas *Porites* ou *Tarbellastraea*. Toutefois le genre *Porites* est toujours présent. Les formes secondaires et accessoires sont également communes : *Siderastraea, Acanthastrea, Favites, Palaeoplesiastraea*.

Quatriéme constat : le stock corallien est réduit dés les premiéres constructions du Miocéne supérieur.

La composition des communautés de Madréporaires change, notamment en relation avec la sédimentation. On observe souvent une succession des assemblages caractérisant plusieurs phases d'édification et donc une variation des conditions locales.

Cinquiéme constat : la composition des assemblages coralliens dépend étroitement des conditions locales d'environnement. Le genre *Porites*, le plus résistant, est omniprésent.

Le caractére oligospécifique est accentué dans certains édifices bâti dès l'origine par le seul genre *Porites*. On a remarqué précédemment que ces édifices, en général conséquents, se situaient exclusivement dans les zones d'accumulation diatomitique. Latéralement, dans les secteurs sans laminites diatomitiques, apparaissent d'autres genres de constructeurs (bordure septentrionale des Tessala, Algérie).

Sixième constat : les récifs oligospécifiques á *Porites* se sont développés dans des secteurs

Source : MNHN, Paris

où des remontées d'eau profonde ont eu une influence prépondérante sur la sédimentation diatomitique.

Les faunes récifales associées

Il est possible de définir un assemblage type de la faune associée . Il est sûr que des variations interviennent en fonction des faciès récifaux dominants, mais globalement on retrouve les mêmes éléments tant en Algérie qu'au Maroc. D'autre part, la faune associée est en grande partie significative du milieu récifal et comparable à celle des récifs actuels. En fait on peut considérer que la pauvreté en constructeurs ne semble pas trop influer sur le peuplement récifal.

Septième constat : la faune récifale associée est caractéristique d'un environnement récifal proche de la « normale ».

Conclusion, conséquences

Avant d'essayer de comprendre l'histoire du fait récifal corallien et son implication dans l'évolution paléogéographique de la Méditerranée, il était nécessaire d'établir les bases de l'interprétation. Les différents constats conduisent à formuler plusieurs conclusions :

* le développement des récifs coralliens est un événement de premier plan dans l'histoire miocène, bien illustré en Algérie et au Maroc, et présente même un aspect quasi « obligatoire » ;

* malgré des disparités essentiellement d'ordre *local* ou *régional*, l'épisode récifal est marqué par une certaine homogénéité d'ensemble au plan de son contenu biologique et des morphologies coloniales présentées ;

* il n'y a pas de différences essentielles entre les édifices des abords atlantiques (sillon sud-rifain occidental) et ceux du domaine interne méditerranéen (bassin du Chélif) ;

* le cadre paléogéographique, indiqué par la présence et les caractéristiques des édifices, montre une grande diversité des situations ; le « domaine récifal » du Miocène supérieur est composé d'une série de bassins plus ou moins connectés, reliés par des seuils ou des bras de mers avec le domaine marin plus ouvert, et encombrés d'un système complexe de hauts-fonds, d'archipels ou d'îles de dimensions variables.

On peut en outre relever certaines constantes dans l'évolution de la sédimentation comme le dynamisme certain des bioconstructions (à Mélobésiées, Madréporaires, stromatolithes et plus accessoirement à Serpulidae) ou le rôle joué par les apports terrigènes dans l'édification.

Le cadre stratigraphique

Le problème des limites stratigraphiques

L'utilisation systématique des méthodes biostratigraphiques de datation a permis de mieux définir les principales délimitations. Dans le détail il en va autrement. En effet, comme on l'a vu, une même échelle biostratigraphique basée sur les Foraminifères planctoniques ne semble pas parfaitement utilisable entre le domaine à influence atlantique et le domaine méditerranéen proprement dit. D'autre part il est évident que les subdivisions sont effectuées à partir de données obtenues dans des faciès favorables, c'est-à-dire en général des marnes déposées plutôt au centre des bassins. Or, les mouvements de la mer, et conséquemment les modifictions paléogéographiques, sont essentiellement appréciables par les faciès plus littoraux, comme les récifs, qui en soulignent les limites, mais n'apportent que peu de renseignements biostratigraphiques, les formes planctoniques étant souvent absentes. La conséquence la plus directe en est la datation des formations littorales, récifales, par défaut.

Plus précisément la limite inférieure du Messinien a été définie (Bizon *et al.*, 1975) sur la base de la première apparition de *Globorotalia mediterranea*. Pour certains *G. conomiozea* possède la même signification. Force est de remarquer qu'en Algérie cette limite est située à la base des formations diatomitiques que l'on considère généralement comme marquant le maximum de la transgression du Miocène terminal. De manière plus générale l'apparition de ce marqueur ne correspond pas à une base de transgression, mais à un moment de celle-ci. C'est pour cette raison que les auteurs employaient au Maroc un « Messinien » plus étendu, caractérisé par le début d'une transgression. De même Montenat (1977e) définit un Miocène terminal, représentant une « réalité paléogéographique », et dont la base coïncide avec une transgression qui intervient au Tortonien supérieur.

Source : MNHN, Paris

L'usage dans la terminologie stratigraphique du deuxième cycle post-nappe en Algérie répond à la même nécessité et à la même « réalité paléogéographique » (GUARDIA, 1975 ; FENET, 1975).

Doit-on ainsi considérer plutôt l'aspect strictement biostratigraphique que l'aspect paléogéographique, surtout en l'absence de marqueur ? Il serait raisonnable de considérer que le dernier étage du Miocène constitue une unité encadrée par deux événements majeurs. On sait qu'une tendance transgressive généralisée se manifeste à la fin du Tortonien et que le domaine marin s'élargit à ce moment-là tandis, qu'un mouvement régressif termine le Miocène, amenant la Méditerranée vers un état d'isolement propice à l'installation de conditions évaporitiques. Or même en envisageant un léger diachronisme de la transgression de base on peut la marquer biostratigraphiquement et ceci dans tous les domaines (zone à *Globorotalia dutertrei*/*G. humerosa*).

La limite biostratigraphique entre le Messinien et le Pliocène est plus généralement admise et coïncide avec l'apparition de *Globorotalia margaritae*.

Situation stratigraphique des récifs coralliens

Les récifs d'Algérie

L'existence du marqueur du Messinien biostratigraphique a été révélée pour la majorité des édifices coralliens d'Algérie. A cet égard les laminites diatomitiques constituent un repère excellent. Les récifs de la bordure méridionale des Tessala, installés au delà de la limite d'extension des diatomites, sur des terrains anté-miocènes ne peuvent être datés avec certitude. Cependant, dans certains secteurs ils apparaissent en continuité avec des niveaux caractéristiques du Messinien (Bou Djebaa). Pour THOMAS (1985) ils traduisent le débordement maximal de la mer messinienne sur l'arrière-pays.

Les récifs du Maroc

Les formations récifales du Rif nord-oriental s'inscrivent sans discussion dans la zone à *Globorotalia mediterranea*. Par contre les problèmes de datation sont plus épineux en ce qui concerne le sillon sud-rifain. Les niveaux littoraux transgressifs pourraient appartenir à un Tortonien élevé et aussi partiellement au Messinien indiqué par des marqueurs (Tazouta). Par comparaison il serait logique de considérer les récifs qui soulignent un maximum dans la transgression comme messiniens (golfe de Skoura par exemple). Malheureusement la plupart des récifs sont établis sur le substratum anté-néogène soit directement, soit par l'intermédiaire de formations détritiques plus ou moins grossières et dépourvues de microfaune planctonique. Cependant on peut admettre avec certitude que tous les récifs se sont développés au moins dans la zone à *G. dutertrei*/*G. humerosa* (= m6 de Wernli), certains étant souvent débordés par des marnes nettement messiniennes (WERNLI, 1979, 1987 ; CHARRIÈRE & WERNLI, 1984).

Le cadre paléogéographique

La situation au Tortonien et le mouvement transgressif

De manière générale le Tortonien est marqué par l'individualisation des bassins et une sédimentation essentiellement terrigène. Ainsi la configuration paléogéographique qui va caractériser l'histoire messinienne est-elle alors esquissée.

L'amorce d'un mouvement transgressif se manifeste au Tortonien supérieur (FENET, 1975 ; GUARDIA, 1975 ; ROUCHY, 1982a). La mer va déborder nettement des aires de sédimentation du Tortonien. Les conséquences en sont fondamentales : réorganisation des lignes de rivages, individualisation de golfes, de bras de mers, de hauts-fonds divers... Il se crée ainsi des conditions extrêmement favorables à l'instauration d'un régime récifal. A ce moment les communications sont encore aisées entre la Méditerranée et l'Atlantique et pouvaient s'établir au maximum de la transgression par le sillon sud-rifain et divers bras de mers qui s'insinuaient dans le Rif et en bordure du Moyen Atlas (Fig. 107). C'est la période d'explosion récifale et ces conditions se maintiennent jusque dans le Messinien.

La plupart des auteurs assignent à la tectonique régionale, et plus spécialement à des régimes distensifs, un rôle déterminant dans l'initiation de la transgression du Miocène terminal (CIRAC, 1987 ; FENET, 1975 ; GUILLEMIN &

Source : MNHN, Paris

HOUZAY, 1982 ; PERRODON, 1957 ; RAMPNOUX *et al.*, 1979). La même cause a été invoquée dans d'autres secteurs du domaine méditerranéen (LAROUZIÈRE *et al.*, 1987 ; MONTENAT, 1977a ; MONTENAT et al., 1987). CHARRIÈRE (1984) explique l'aspect discontinu des transgressions par des effondrements successifs de grands panneaux structuraux.

Il est curieux de constater que des événements tectoniques régionaux provoquent un phénomène aussi généralisé que la transgression, surtout si l'on considère que dans certains secteurs on observerait une phase compressive vers le sommet du Tortonien. On conçoit fort bien que le cadre tectonique régional ait pu guider ou amplifier les effets de la transgression mais en est-il partout á l'origine. Peut-on entrevoir d'autres causes ? CIRAC (1987) résume le dilemme en constatant que globalement le Miocéne terminal correspondrait á une période de bas niveau marin mondial, ceci sur la base des fluctuations supposées du niveau marin établies par divers auteurs. Mais ces documents s'avérent bien imprécis et assez peu fiables dans le détail. Cependant, en Algérie THOMAS (1985) constate une évolution « centrifuge » de la sédimentation (vers les bordures de bassin) pendant une période de compression. Pour cet auteur « le déplacement des corps sédimentaires est le résultat d'un bilan dans lequel intervient l'eustatisme ». Il convient donc d'évaluer la part á attribuer á la tectonique dont le rôle au niveau régional est bien évident, et à un éventuel mouvement positif du plan d'eau. Or les courbes des fluctuations eustatiques mondiales proposées récemment par HAQ *et al.* (1987) montrent un tel mouvement positif au Tortonien supérieur (vers — 7 M.a.), en correspondance avec les observations faites en Algérie et au Maroc.

La tendance régressive

La régression messinienne semble bien reliée à un abaissement global du niveau marin mondial, á la suite de l'augmentation du volume de l'inlandsis polaire. Dans le sillon suf-rifain on assiste effectivement á un retrait de la mer progressif du Messinien au Pliocéne (WERNLI, 1986 ; CIRAC, 1987). En Méditerranée, cette tendance se traduit globalement par une diminution des communications avec l'Atlantique avec une évolution vers le confinement et en Afrique du Nord par une évacuation partielle (Melilla, Murdjadjo) ou totale (Sillon sud-rifain oriental, Oranie occidentale), et dans certains cas par l'instauration d'une sédimentation continentale (bassin de Guercif). Les effets du confinement conduisent à la migration en position plus distale des laminites de type 2 et l'individualisation de corps évaporitiques en contrebas des édifices récifaux. Cependant, l'édification récifale cesse avant que ne se déposent les évaporites.

Implication des récifs coralliens

Pendant la période transgressive

Les récifs coralliens traduisent bien l'évolution paléogéographique précédemment définie. Ils soulignent les limites de la transgression, dessinent les contours des rivages ou révèlent l'existence des hauts-fonds. Ils peuvent aussi marquer certaines étapes de la transgression.

Les récifs coralliens indiquent la probabilité d'une communication, peu souvent envisagée, entre les parties occidentales et orientales du sillon sud-rifain au Sud du massif de Tazzeka, à la hauteur de Taza (Fig. 145).

De même, la continuité du développement des constructions coralliennes á l'Est d'Oudja jusqu'en Algérie, et peut-être Tlemcen, impliquent, outre la remise en cause de l'âge miocéne moyen attribué á ces formations en Algérie, une nouvelle définition des limites paléogéographiques, selon deux possibilités :

* le sillon sud-rifain oriental se termine en fond de golfe étroit (en cul de sac) dans la région méridionale de Maghnia ;

* le sillon sud-rifain communique avec le bassin de la Tafna oú sont connus des dépôts de même âge et des constructions coralliennes.

Dans l'état actuel de nos connaissances il est impossible de fournir une réponse. Les seuls sédiments connus du Miocène supérieur dans le couloir de Maghnia étant continentaux. Pour WERNLI (1987) il n'est pas exclu qu'il existe des formations marines plus en profondeur. De toute évidence, il s'agit lá d'une question déterminante pour évaluer les voies de communications possibles entre la Méditerranée et l'Atlantique via le sillon suf-rifain.

Source : MNHN, Paris

Pendant la régression messinienne

Bien que marquant localement le terme ultime de la sédimentation miocène, les récifs ne présentent pas dans certains secteurs comme l'Oranie occidentale de caractères distinctifs d'un épisode régressif. Peut-on en déduire que la vidange en fut assez rapide ?

D'autres édifices par contre montrent la migration des corps construits consécutivement á un abaissement du niveau marin marqué par un étagement á des cotes topographiques de plus en plus basses. L'importance de la dénivelée estimée par l'examen des édifices du Murdjadjo (Algérie) et de Melilla (Maroc) atteint sans doute une centaine de mètres. Cependant, de manière assez contradictoire, sur la bordure méridionale du bassin du Chélif, les récifs ne présentent pas de progradation descendante des constructions. On peut sans doute invoquer une configuration paléogéographique moins marquée, sous forme d'une ride peu pentue.

Par leur position privilégiée, certains édifices (Melilla, Murdjadjo, bordure méridionale du bassin du Chélif) constituent un repére pour évaluer les fluctuations post-récifales du plan d'eau. Il ne faut pas oublier en effet que la régression messinienne n'est pas un événement uniforme mais est marquée par un certain nombre de variations positives. La colonisation par des bioconstructions stromatolithiques d'une partie des récifs coralliens traduit ce mouvement partiel de remise en eau, mais dans un environnement nettement confiné.

Conclusion

Les formations récifales coralliennes constituent des marqueurs paléogéographiques de première importance. Par leur présence, ils marquent la situation des lignes de rivage et leur mobilité, surtout pendant la période transgressive qui débute au Tortonien supérieur et s'achève au Messinien. Par leur morphologie et leur structure ils témoignent des variations du plan d'eau, présentant un aspect stratifié durant la phase transgressive et une progradation descendante généralisée des corps construits durant la phase régressive. Enfin ils servent de révélateurs aux fluctuations du plan d'eau méditerranéen postérieures, en témoignant notamment d'une remise en eau qui permet aux constructions stromatolithiques de s'établir sur les bordures (Fig. 157). Il est intéressant de noter que ces données sont en bonne correspondance avec les courbes de variations eustatiques globales de HAQ *et al.* (1987).

LE CADRE CLIMATIQUE

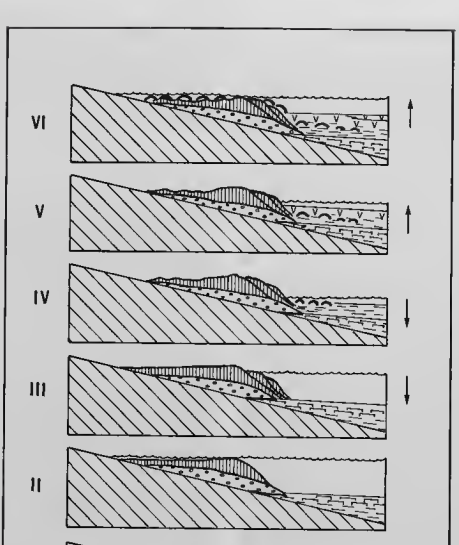
Les données

Les renseignements connus sur les conditions climatiques qui régnaient au Miocéne terminal sont souvent fort imprécises et même contradictoires. ROUCHY (1982) souligne que les données concernant le Messinien sont assez rares et dispersées et que d'autre part les corrélations avec les reconstitutions climatiques extra-méditerranéennes sont délicates á établir et interpréter.

Il est cependant patent que le Miocéne est marqué par une évolution climatique allant globalement dans le sens d'un refroidissement généralisé. Cette tendance se serait plus spécialement exprimée á partir du Miocéne inférieur et aurait connu une accentuation vers le Serravalien (BOURRHOUIL-LE JAN, 1979 ; BOCQUET, 1980 ; BOCQUET *et al.*, 1978 ; DEMARCQ, 1985 ; DEMARCQ *et al.*, 1983 ; EMILIANI, 1954 ; GLADENKOV, 1985 ; KENNETT, 1982 ; KRASHENNINIKOV & BASOV, 1986 ; LECLAIRE & DENIS CLOCCHIATI, 1984 ; LOPEZ MARTINEZ *et al.*, 1985 ; SAVIN *et al.*, 1975 ; SCHWARZBACH, 1961 ; SUC, 1986 ; VAN ZINDEREN BAKKER & MERCER, 1986, VERGNAUD-GRAZINI *et al.*, 1985). La rupture des communications entre la Méditerranée et l'Océan Indien a été invoquée comme ayant contribué á cette évolution, notamment au niveau de la température des eaux marines, la Méditerranée devenant un bassin marginal atlantique (CHEVALIER, 1977 ; BIZON & MULLER, 1976).

Pour la période qui nous intéresse, le manque de précision dans les données ne permet pas d'établir un cadre climatique sûr et encore moins de suivre son évolution. Il faut remarquer que les paléotempératures, généralement déduites de l'examen des associations faunistiques et floristiques, ne sont que des indications ponctuelles ; une différenciation latitudinale étant plus que probable, il conviendrait de replacer chaque donnée en fonction de sa provenance paléogéo-

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum. 2 . Marnes. 3 . Plate-forme carbonatée à Mélobésiées.
4 : Laminites diatomitiques. 5 : Récifs à *Porites*. 6 : Evaporites. 7 : Stromatolithes.

FIG. 157. — Évolution de l'activité bioconstructrice au Messinien (d'après Rouchy *et al.*, 1986).

I. — Installation de la plate-forme carbonatée à Rhodophycées, sédimentation des laminites diatomitiques (type 1).
II. — Suite de la sédimentation des laminites diatomitiques et développement des récifs à *Porites*.
III. — Progradation descendante des constructions coralliennes.
IV. — Émersion du récif, colonisation des milieux résiduels par des tapis cyanobactériens.
V. — Dépôt des évaporites.
VI. — Remise en eau et colonisation par les tapis à Cyanophycées
(les flèches indiquent les mouvements du plan d'eau).

Source : MNHN, Paris

graphique (ROIRON, 1984 ; SORBINI & TIRAPELLE RANCAN, 1979). D'autre part la « crise de salinité » a tellement polarisé les études qu'il est difficile, voire impossible, de trouver des renseignements sur les périodes qui l'ont précédé, et en particulier sur l'épisode récifal, sans référence explicite ou implicite à l'événement évaporitique. Souvent d'ailleurs le Messinien est considéré globalement dans les reconstitutions climatiques. Retenons les éléments suivants :

* la fin du Miocène est marqué par une réorganisation des circulations océaniques et atmosphériques (ROUCHY, 1982a, b) ; les dépôts généralisés de sédiments diatomitiques en plusieurs secteurs du globe (BARRON, 1984) traduisent des réorganisations régionales, voire globales, des courants de surface et de la circulation éolienne à l'origine des phénomènes d'*upwellings* (LECLAIRE & DENIS-CLOCCHIATI, 1984 ; KENNETT, 1982) ;

* Selon SHAKLETON et KENNETT (1975), la température des eaux de surface diminuerait depuis le Miocène inférieur avec une légère remontée au Miocène supérieur ; une élévation thermique serait ainsi enregistrée durant le Tortonien avec un maximum à la fin du Tortonien (BESSEDIK *et al.*, 1984 ; LOPEZ-MARTINEZ *et al.*, 1985 ; MÉON *et al.*, 1979) ; de même après la chute thermique du Serravalien, une remontée s'opèrerait durant le Tortonien avec un maximum au Messinien (DEMARCQ, 1985 ; DEMARCQ *et al.*, 1983) ; à l'inverse, on assisterait à une baisse de température entre le Tortonien et le Messinien et ainsi le Tortonien supérieur serait l'aboutissement d'une phase mondiale de refroidissement (BIZON & MULLER, 1976 ; CHAMLEY & ROBERT, 1980), avec cependant pour SEMENENKO (1979) un réchauffement durant le Messinien ; pour VAN GORSEL et TROELSTRA (1980), la fin du Tortonien et le début du Messinien correspondraient à une période froide et humide tandis que suivraient une époque chaude et sèche avec la phase évaporitique inférieure (et le développement de récifs ?), puis de nouveau à la fin du Messinien une période froide et humide ; toutefois BANDY (1973, 1975), considère la fin du Tortonien et le début du Messinien comme globalement chauds, la tendance vers un refroidissement des eaux se déclarant au cours du Messinien ;

* les poissons contenus dans les formations diatomitiques qui précèdent de près l'édification corallienne apportent des renseignements plus directs ; il semble que ces faunes indiquent un climat proche de celui des aires actuelles subtropicales ou tempérées chaudes (ARAMBOURG, 1927, 1965 ; GAUDANT, 1978 ; SORBINI & TIRAPELLE RANCAN, 1980).

Les récifs coralliens et le climat

Il paraît inutile d'insister sur les problèmes que pose la synthèse des données répertoriées ci-dessus. Or sauf exception (DEMARCQ, 1979 ; DEMARCQ, 1984, 1985 ; SCHWARZBACH, 1961), les récifs coralliens, et plus particulièrement les Madréporaires, indicateurs thermiques, n'ont pas été pris en compte dans les reconstitutions climatiques proposées.

Les associations de Madréporaires témoignent, comme on l'a vu et comme l'avait souligné CHEVALIER (1977) d'une péjoration climatique depuis le Miocène inférieur. La répartition des récifs depuis le Burdigalien jusqu'au Messinien montre également une migration des zones latitudinales chaudes, ce que corrobore également l'extension des mangroves souvent liées aux récifs (BESSEDIK, 1981, 1984). Cependant, il convient de nuancer ces constatations et de reconsidérer les données en fonction de critères stratigraphiques plus évidents.

Bien que n'atteignant jamais une grande puissance les formations récifales coralliennes du Miocène inférieur renferment des associations très diversifiées de Madréporaires et des faunes associées très riches (Aquitaine par exemple). On les rencontre encore en Europe occidentale. Les récifs coralliens du Miocène moyen comme ceux de Catalogne datés du Langhien (MAGNÉ, 1978 ; BESSEDIK & CABRERA, 1985) sont encore bien développés (ALVAREZ *et al.*, 1977 ; CHEVALIER, 1957, 1961 ; ESTEBAN & PERMANYER, 1977 ; PERMANYER & ESTEBAN, 1973) mais déjà moins riches en Madréporaires. Au point de vue latitudinal on remarque un léger déplacement vers le Sud de la zone de croissance, surtout perceptible en Atlantique. On note ensuite, dans le domaine méditerranéen et en Atlantique un hiatus des formations récifales coralliennes. Dans le même temps, les récifs du Badénien (= partiellement Serravalien) se développent en Paratéthys et montrent apparemment une communauté corallienne assez réduite avec surtout dominance des

Source : MNHN, Paris

genres *Porites* et *Tarbellastraea* (Baluk & Radwanski, 1967, 1979, 1984a, b ; Gutowski, 1984 ; Gutowski & Machalski, 1984). En Méditerranée, une nouvelle phase de construction débute au Tortonien supérieur et coïncide avec une tendance transgressive. Le caractère explosif de cet épisode récifal et apparemment simultané ne manque pas de poser une question fondamentale : est-ce qu'on n'assiste pas là à un réchauffement des eaux marines qui, lié à une réorganisation paléogéographique aménageant des aires peu profondes favorables, aurait permis le développement exceptionnel des récifs ? Il convient aussi de noter que les récifs du Miocène terminal atteignent une latitude comparable à celle de certains récifs du Miocène inférieur et du Miocène moyen, comme dans le Livournois (Italie) où ils présentent exactement les mêmes caractéristiques qu'en Algérie ou au Maroc.

En résumé, on peut resituer l'histoire récifale au Miocène dans son cadre climatique en tenant compte des diverses données. A partir du Miocène inférieur on assisterait à un refroidissement progressif des eaux marines, encore plus prononcé au Serravalien. Les communautés coralliennes de la Méditerranée et de la façade atlantique de l'Europe auraient enregistré ce stress thermique et évolué vers un appauvrissement en genres constructeurs. Parallèlement, la capacité constructrice aurait diminué pour les mêmes raisons. Pendant le Serravalien et une partie du Tortonien on peut même dire que l'édification récifale cesse alors qu'elle se maintient dans le domaine paratéthysien, mais de manière atténuée. La rupture des communications avec l'Océan Indien a sans doute également contribué à rafraîchir la température de surface des eaux marines (Chevalier, 1977 ; Bizon *et al.*, 1976). A titre d'hypothèse on peut avancer que le bassin paratéthysien a constitué un refuge pour les Madréporaires hermatypiques puis un relais pour une nouvelle phase constructrice en Méditerranée. Vers la fin du Tortonien en effet les conditions ont varié, et on peut envisager un léger réchauffement suffisant pour refaire démarrer le processus d'élaboration récifale. La faune associée en témoigne par ailleurs avec ces grandes formes liées aux faciès construits organogènes (calcaires à Algues et à Coraux).

Le cadre tectonique

Introduction

Il ne saurait être question de faire une synthèse des événements tectoniques et de leurs caractéristiques dans le domaine géographique très large de cette étude. Un certain nombre de travaux ont abordé ce thème tant en Algérie (Fenet, 1975 ; Guardia, 1975 ; Perrodon, 1957 ; Thomas, 1985...) qu'au Maroc (Ait Brahim & Chotin, 1984 ; Caire *et al.*, 1974 ; Faugères, 1981 ; Feinberg, 1978a, b ; Frizon de Lamotte, 1982 ; Guillemin & Houzay, 1982 ; Hervouet, 1985a, b, 1986 ; Leblanc, 1979 ; Rampnoux *et al.*, 1979 ; Robillard, 1981 ; Wildi, 1983...). Bien des données tectoniques apparaissent contradictoires, notamment en ce qui concerne les phases de distension et de compression et leur chronologie. Pour Frizon de Lamotte (1982), l'extension et la compression sont deux phénomènes synchrones et non alternants et il faut plutôt considérer les phénomènes de subsidence qui sont « la conséquence de mouvements verticaux amorcés par la réactivation (lors des phases compressives) des accidents qui bordent les bassins ». En d'autres termes on note à la fin du Miocène une permanence d'une activité tectonique, variable en intensité et en effets selon les bassins, mais qui fixe le cadre morphologique de la transgression tortono-messinienne.

L'édification récifale dans le cadre structural

Les récifs coralliens, par leurs exigences écologiques étroites, servent de révélateurs par leur situation au dispositif structural compartimenté du Miocène terminal. Il est intéressant de constater l'étroite correspondance entre l'implantation récifale et les lignes majeures structurales élaborées au Miocène et amplifiées par des mouvements tectoniques postérieurs. Les grands édifices d'Algérie par exemple, ou bien soulignent des reliefs actuels (bordure des Traras, chaîne des Sebaa Chioukh, Murdjadjo) ou bien sont affectés de déformations parfois importantes (bordure septentrionale des Tessala-Beni Chougrane). Cette correspondance exprime donc la permanence des processus tectoniques qui sont à l'origine de la création de bombements et qui ont rejoué dans une période plus récente.

Source : MNHN, Paris

Pour THOMAS (1985), les formations de calcaires construits scelleraient des structures plicatives mises en place au Tortonien supérieur et qui ont continuer à jouer, de manière atténuée, au Messinien. Ce pourrait être le cas des formations récifales de la bordure septentrionale de l'ensemble Tessala-Beni Chougrane.

Certains modèles (Murdjadjo et Melilla) montrent l'installation et la progression des récifs coralliens au droit de flexures délimitant une zone haute à sédimentation carbonatée et une zone déprimée siége d'une sédimentation marneuse et/ou diatomitique.

Bien que les constructions ne semblent guére enregistrer elles-mêmes de manifestations directes d'une activité tectonique synsédimentaire, ou alors par des indices peu marqués, on en observe les effets plus généralement dans la sédimentation messinienne. Ainsi dans les environs de Sig (Algérie), des constructions se sont établies sur un matériel meuble affecté de phénoménes d'expulsion de fluides. De même, diverses déformations synsédimentaires sont observables dans les niveaux pré-récifaux de la bordure des Tessala, mais également dans les formations post-récifales du Murdjadjo et de Melilla. De telles manifestations ont été notées en Espagne (MONTENAT, 1980 ; OTT D'ESTEVOU, 1980) et sont interprétées comme résultant de pulsions d'origine sismique. La situation de certains édifices en regard de ces déformations synsédimentaires suggére que ce matériel meuble aurait pu, en certains endroits, être affecté de « diapirisme » argileux ou sableux (volcans de boue), initiant la création de bombements ou hauts-fonds favorables à l'implantation corallienne.

De manière plus localisée, la formation d'olistolithes de récifs pris dans les sédiments post-récifaux indique également l'existence de mouvements divers (Murdjadjo).

Les récifs et la tectonique post-messinienne

La position et l'altitude actuelle des récifs coralliens du Messinien indiquent l'ampleur des phénoménes tectoniques postérieurs dont il faut tenir compte dans les reconstitutions paléogéographiques. SANTISTEBAN (1981), se basant sur les altitudes actuelles de diverses formations récifales du bassin de Fortuna (Espagne), a ainsi établi un modéle d'évolution catastrophiste admettant une baisse du niveau de la mer de près de 1 000 m entre les récifs tortoniens et messiniens ! Un aperçu sur les altitudes actuelles observées en Oranie occidentale montre que les récifs des Sebaa Chioukh sont situés à 600 m, ceux des Beni Ouarsous à environ 350 m, ceux de la Mersat Zouanif à seulement 30 m ; et certains récifs de la bordure du Moyen Atlas au Maroc culminent à plus de 1 000 m... De fortes déformations (plis, failles) ont pu relever des niveaux construits à la verticale (Fig. 74) ou décaler largement des compartiments porteurs de formations récifales (Moyen Atlas).

ESSAI DE CARACTÉRISATION DE L'ÉDIFICATION RÉCIFALE

PRINCIPE

L'analyse des diverses formations coralliennes, entreprise dans les chapitres précédents, démontre bien la grande diversité des situations paléogéographiques et paléoécologiques rencontrées. En conséquence on ne peut guére établir un modéle récifal unique général du Miocéne supérieur, pas plus que du Messinien en particulier, mais plutôt dégager des tendances. Par contre on peut essayer de définir les différents paramétres qui déterminent chaque environnement récifal et proposer ainsi une typologie différenciée du phénomène récifal. Certaines constantes seront mises en évidence ainsi que des groupes d'affinités. Une comparaison avec les autres récifs coralliens du Miocène terminal de Méditerranée permettra ensuite de mieux appréhender le fait récifal dans son ensemble.

Toute tentative de caractérisation débouche sur l'emploi d'une terminologie actualiste qu'il n'est pas toujours possible d'adapter précisément dans les édifices anciens, faute de données complétes. On ne posséde ainsi de certains récifs qu'un mince affleurement insuffisant pour en distinguer tous les aspects. C'est pourquoi la

Source : MNHN, Paris

classification adoptée ne définit qu'un cadre général peu formel, la délimitation entre divers types de récifs n'apparaissant pas forcément évidente compte tenu de l'aspect évolutif des constructions biologiques et des environnements sédimentaires : il est difficile de placer sur le même plan des petits massifs coralliens épars et des complexes récifaux de plus grande ampleur, aux dimensions kilométriques. Le degré de maturité du récif constitue donc un élément à prendre en considération. En résumé, les diverses situations sont envisagées sous forme de profils schématiques synthétiques établis à partir des paramètres considérés : paléogéographie, sédimentation, facteurs divers (Tabl. 32 et Fig. 158). En ce qui concerne la trame récifale et son contenu paléontologique, on se reportera au chapitre précédent.

Classification sommaire

1) Selon la situation paléogéographique
* *1a* les récifs frangeants :
+ ils soulignent les lignes de rivages continentaux ou les contours de massifs insulaires plus ou moins imposants
+ ils se développent vers le bassin selon une bande plus ou moins large, normalement parallèle à la côte
* *1b* les récifs de plate-forme :
+ ils s'implantent sur des plateaux peu profonds, aux dimensions variables
+ ils ne sont pas représentés par de grands édifices aux structures nettes mais par des lentilles et des « patchs » disséminés au sein d'une sédimentation où dominent les calcaires à Algues et les calcarénites
* *1c* les récifs de hauts-fonds :
* •*1c1* soulignant l'existence de rides préfigurant des actuelles lignes structurales ; ils constituent une bande assez étroite, plus ou moins continue ou affectent une forme elliptique en relation avec la morphologie et les dimensions des hauts-fonds
•*1c2* établis sur des bombements localisés
2) Selon le substrat
* *2a* substrats anté-néogènes : schistes, roches vertes, dolomites
•*2a1* installation directement sur le substrat
•*2a2* installation par l'intermédiaire d'une formation conglomératique
* *2b* substrats miocènes :
•*2b1* marnes et marnes sableuses
•*2b2* sables et grès
•*2b3* marno-calcaires, calcaires biodétritiques et algaires
•*2b4* bioconstructions algaires (Mélobésiées)
3) Selon l'environnement sédimentaire
* *3a* apports terrigènes pendant l'édification :
•*3a1* apports détritiques grossiers (passées conglomératiques) et plus fins (sables, graviers)
•*3a2* apports détritiques fins uniquement (sables)
•*3a3* apports argileux (→ turbidité)
* *3b* sédimentation carbonatée se traduisant par des marno-calcaires, des calcaires biodétritiques, des calcarénites, des couches algaires
4) Selon la morphologie d'ensemble et le degré de maturité
* *4a* corps récifaux simples généralement peu épais et diversement étendus
* *4b* corps récifaux multiples, emboîtés et progradants :
•*4b1* résultant d'une accrétion sur une pente : les corps récifaux progressent vers le bassin en se relayant et reposant alors sur des substrats divers (substrat anté-néogène, conglomérat, formations marno-sableuses de bassin)
•*4b2* résultant d'une migration descendante avec étagement des corps récifaux à des cotes altimétriques de plus en plus basses consécutivement à une baisse du plan d'eau
* *4c* niveaux construits stratifiés : cette succession est le plus souvent liée à une rythmicité dans la sédimentation fine d'origine terrigène, conjuguée à un mouvement positif du plan d'eau (phase transgressive)
* *4d* patchs plus ou moins développés
* *4e* lentilles coralliennes intercalées dans des couches algaires
* *4f* lentilles coralliennes intercalées dans des sédiments détritiques
* *4g* bancs coralliens constitués de constructions peu puissantes, discontinues, n'atteignant pas un stade de développement de type « récifal »
5) Selon la composition des communautés coralliennes
* *5a* récifs plurigénériques :
•*5a1* diversifiés
•*5a2* à genre dominant (*Porites* ou *Tarbellastraea*)
•*5b* récifs monogénériques à *Porites*
6) Éléments complémentaires
* *6a* présence d'*Halimeda* en association avec les constructions
* *6b* présence de diatomites de type 1 dans les bassins adjacents
* *6c* présence d'évaporites aux abords de l'édifice récifal
* *6d* présence de stromatolithes sur ou contre l'édifice corallien

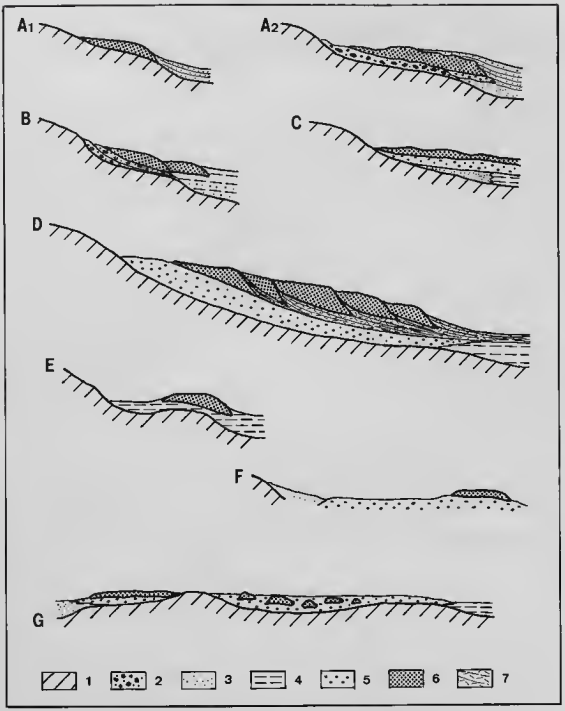
Conséquences

Problèmes de classification

Certains édifices s'insèrent difficilement dans une classification. Ainsi le récif de Melilla (Cap des Trois Fourches) se développe sur des couches biodétritiques et algaires progradant à partir d'un massif anté-néogène. La progression du récif montre des directions divergentes. Peut-on considérer qu'il s'agit là d'un complexe frangeant, qui épouserait une morphologie préexistante dessinant un bombement avec un axe d'allongement ou d'un récif de plate-forme caractérisant cette même morphologie ?

Aucun ensemble récifal ne semble pouvoir se rattacher ni à un atoll ni à un récif-barrière ce dernier type demanderait d'ailleurs un degré d'évolution spatio-temporelle rarement atteint.

Source : MNHN, Paris



1 : Substratum. 2 : Conglomérats. 3 : Grès. 4 : Marnes.
5 : Calcaires à Algues (Rhodophycées). 6 : Récifs coralliens. 7 : Épandages biodétritiques à *Halimeda*.

FIG. 158. — Profils schématiques synthétiques des formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 32. — Essai de classification des édifices récifaux d'Algérie et du Maroc.

PRINCIPAUX ÉDIFICES	1a	1b	1c1	1c2	2a1	2a2	2b1	2b2	2b3	2b4	3a1	3a2	3a3	3b
ALGÉRIE														
ORANIE OCCIDENTALE														
Sebaa Chioukh			+		+		+						+	
Pont de Saboune			+				+						+	
Beni Ouarsous (Souk el Khemis)			+				+						+	
Rive gauche de la Basse Tafna		+							+	+			+	+
Dj. Skouna	+									+				+
Environs de Beni Saf		+			+					+				+
Plateau de Sidi Safi		+								+				+
Plateau des Ouled ben Adda		+							+					+
Vallée de l'Oued Hallouf		+					+					+		
Bled Keroulis, El Malah		?	?					+						+
LITTORAL ORANAIS														
Plateaux W, Cap Figalo		+								+				+
Dj. Kourdia	+							+	+	+		+		
Vallée de l'Oued Sidi Medioni				+					+					+
Dj. Murdjadjo	+									+				+
BASSIN DU BAS CHÉLIF														
Tessala N : d'Arbal à Tafaraoui	?		?							+				+
Tessala N : De Tafaraoui à Dj. Meskine	?		?							+				+
Tessala N : E de Oued Tlelat	?		?							+				+
Tessala N : environs de Sig	?		?					+				+		
Beni Chougrane N	?		?					+	+			+		
Tessala S : Cheurfas		+								+				+
Tessala S : Bou Djebaa	+				+									+
Tessala S : Ain Oumata			+		+									+
MAROC														
RIF NORD-ORIENTAL														
Boudinar		+			?		?							+
Melilla : Cap des Trois Fourches	?	?						+	+					+
Melilla : Taourirt Medil		+				?		+						+
Kebdana	+				+	+					+			
SILLON SUD-RIFAIN OCCIDENTAL														
Oued Kell	+				+	+					+			
Boughioul	+						+				+	+	+	
El Ouata	+					+	+						+	
Bir Tam Tam	+					+	+						+	
El Menzel	+					+	+						+	
Ribat al Khayr	+					?	+						+	
Tazouta	+					+	+						+	
Arham Amellal	?					?		+			+	+		
SILLON SUD-RIFAIN ORIENTAL														
Environs de Taza	+						+					+		
Environs d'Oujda	+					+						+		+

1) SITUATION PALÉOGÉOGRAPHIQUE → 1a : récifs frangeants ; 1b : récifs de plates-formes ; 1c : récifs de hauts-fonds (1c1 : rides, 1c2 : bombements).
2) SUBSTRATS → 2a : substrats anté-néogènes (2a1 : installation directe ; 2a2 : par l'intermédiaire de conglomérats) ; 2b : substrats mocènes (2b1 : marnes et marnes sableuses ; 2b2 : sables, grès ; 2b3 : marno-calcaires, calcaires biodétritiques et algaires ; 2b4 : bioconstructions algaires).
3) ENVIRONNEMENTS SÉDIMENTAIRES → 3a : sédimentation terrigène (3a1 : apports détritiques grossiers ; 3a2 : apports détritiques fins ; 3a3 : apports argileux) ; 3b : sédimentation carbonatée

Source : MNHN, Paris

TABLEAU 32. — Essai de classification des édifices récifaux d'Algérie et du Maroc (*suite*).

PRINCIPAUX ÉDIFICES	4a	4b1	4b2	4c	4d	4e	4f	4g	5a1	5a2	5b	6a	6b	6c	6d	P
ALGÉRIE																
ORANIE OCCIDENTALE																
Sebaa Chioukh				+						+						E
Pont de Saboune				+						+	?					E
Beni Ouarsous (Souk el Khemis)				+						+						E
Rive gauche de la Basse Tafna	+							+								C
Dj. Skouna	+							+								C
Environs de Beni Saf	+							+								CG
Plateau de Sidi Safi	+				+	+										G
Plateau des Ouled ben Adda					+			+	+							G
Vallée de l'Oued Hallouf					+			+								CG
Bled Keroulis, El Malah	+							+								
LITTORAL ORANAIS																
Plateaux W. Cap Figalo						+		+								C
Dj. Kourdia						+	+	+	+							C
Vallée de l'Oued Sidi Medioni	+										+	+	+			
Dj. Murdjadjo		+	+								+	+	+	+	+	D
BASSIN DU BAS CHÉLIF																
Tessala N : d'Arbal à Tafaraoui	+										+	+	+		+	F
Tessala N : De Tafaraoui à Dj. Meskine	+							+								CF
Tessala N : E de Oued Tlelat	+										+		+			F
Tessala N : environs de Sig							+				+		+	+		F
Beni Chougrane N	+										+		+		?	F
Tessala S : Cheurfas	+							+								C
Tessala S : Bou Djebaa	+							+								A
Tessala S : Ain Oumata	+	+							+							
MAROC																
RIF NORD-ORIENTAL																
Boudinar	?										+		+			
Melilla : Cap des Trois Fourches	+	+									+	+	+		+	D
Melilla : Taourirt Medil	?		?								+	+	+			
Kebdana	+								+							A
SILLON SUD-RIFAIN OCCIDENTAL														*		
Oued Kell	+								+							A1
Boughioul				+			+			+						B
El Ouata		+		+						+						B
Bir Tam Tam		+		+				+		+						B
El Menzel				+				+								B
Ribat al Khayr				+				+								B
Tazouta		+		+				+								B
Arham Amellal							+	+								A2
SILLON SUD-RIFAIN ORIENTAL																
Environs de Taza				+						+						B
Environs d'Oujda				+				+								B

4) MORPHOLOGIE D'ENSEMBLE → 4a : corps récifaux simples ; 4b : corps récifaux multiples emboîtés progradants (4b1 : le long d'une pente ; 4b2 : progradation descendante) ; 4c : stratification des constructions, 4d : patchs, 4e : lentilles intercalées dans des couches algaires ; 4f : lentilles intercalées dans des sédiments détritiques ; 4g : bancs coralliens.
5) COMMUNAUTÉS CORALLIENNES → 5a : pluri-génériques (5a1 : diversifiées ; 5a2 : à genre dominant) ; 5b : monogénériques à *Porites*.
6) DONNÉES COMPLÉMENTAIRES → 6a : présence d'*Halimeda*, 6b : présence de diatomites (type 1), 6c : presence d'évaporites ; 6d : présence de stromatolithes
P : profil sur la Fig. 158.

Source : MNHN, Paris

Les principaux groupes de récifs

L'essai de classification de l'édification récifale au Miocène supérieur en Algérie et au Maroc, détaillé ci-dessus, permet de distinguer plusieurs groupes d'édifices ou d'ensembles d'édifices possédant des affinités :

* **Groupe 1 :** récifs frangeants ou de hauts-fonds soumis à des apports terrigénes fins qui perturbent l'édification et montrant une stratification des constructions ; il en résulte un aspect étagé en escalier caractéristique ; l'apport cyclique de sédiments terrigénes fins, accentuant la turbidité des eaux, régle la succession des divers types de construction ; une élévation régulière du plan d'eau a pu contribuer à la répétition de ces séquences ; il s'agit d'ailleurs de récifs qui développent le maximum de puissance (50 á 60 m) et ne présentent pas nettement la différenciation structurale classique avec lagon, platier et front récifal ; enfin le genre *Porites* y joue un rôle de pionnier et de stabilisateur, tandis que globalement les constructions sont plurigénériques ;

* **Groupe 2 :** récifs frangeant un relief bien marqué et soumis á des décharges détritiques importantes ; il s'agit de corniches assez étroites (ne dépassant pas 100 á 200 m) réalisées par plusieurs genres de Madréporaires ;

* **Groupe 3 :** récifs de plates-formes étroitement liés au développement des Mélobésiées et en général peu développés ; les genres *Porites* et *Tarbellastraea* y sont dominants ;

* **Groupe 4 :** récifs monogénériques à *Porites* présentant des phénoménes de progradations et une importante contribution des thalles d'*Halimeda* á la sédimentation.

Il est bien évident qu'il s'agit lá de types moyens ne rendant pas compte des particularités de chaque édifice.

Structures et géomorphologies récifales

Comme il a déjà été dit auparavant, la morphologie récifale d'ensemble reflète une évolution spatio-temporelle indissociable d'un contexte paléogéographique, climatique, eustatique plus global et révéle également l'ensemble des perturbations physiques subies au cours de l'édification (Randall, 1985). Partiellement, á l'examen des affleurements, on peut mettre en évidence des éléments du dispositif géomorphologique de certains édifices. Ainsi les structures de talus externe sont-elles repérables en quelques occasions, comme á Bou Seter en Algérie, où le tombant relativement abrupt est bien préservé (Fig. 78) et présente une grande analogie avec celui observé sur le pourtour de l'édifice de Santa Pola (Espagne) et aussi avec celui décrit pour les récifs actuels de Jamaïque (Goreau & Land, 1974). Dans d'autres zones c'est un épaississement au sommet d'une série de corps construits stratifiés qui marque le rebord externe (Oranie occidentale). L'existence d'entailles de plus ou moins grandes dimensions, correspondant probablement á des passes, est révélée par le dépôt d'un matériel biodétritique affecté d'un pendage convergent vers le centre de ces dépressions, allongées dans l'axe de croissance de l'édifice. De maniére plus limitée (Murdjadjo, Bou Seter, Melilla), on peut soupçonner la présence d'un système comparable à celui des éperons et sillons (« spurs and grooves ») des édifices actuels (Shinn, 1963 ; Shinn *et al.*, 1981). La surface supérieure plane de certaines constructions correspond assez souvent à un platier plus ou moins exprimé, parfois arasé ou intensément perforé par des organismes lithophages. Plus rarement peut-on distinguer des structures internes indiscutables ; cependant, le flanc nord du Djebel Bou Ziri (Monts des Beni Chougrane, Algérie) montre bien les caractéristiques d'un petit talus interne.

Les complexes récifaux á corps progradants (Melilla, Murdjadjo) représentent un cas particulier que l'on peut aborder à deux échelles. Globalement, il s'agit de grands édifices directement installés sur une plate-forme pentée et présentant un tombant externe relativement bien marqué. Dans le détail, chacun des corps progradants comporte également un platier, un front récifal devant lequel on trouve souvent une bréche à éléments coralliens et un talus à sédiment biodétritique riche en *Halimeda*.

Les enseignements des formations récifales coralliennes actuelles

La démarche analogique

A chaque période de l'histoire de la terre correspondent des situations sensiblement diffé-

Source : MNHN, Paris

rentes, qui sont la résultante de l'interaction de facteurs extrêmement variés d'importance inégale. Les environnements dans lesquels se sont développés les récifs coralliens du Miocène supérieur sont bien sûr relativement comparables à ceux que l'on peut observer actuellement. Néanmoins aucun modèle actuel ne semble pouvoir rendre compte en totalité des types récifaux observés au Miocène dans le domaine atlanto-méditerranéen, malgré des tentatives réalisées en ce sens. Ceci étant, on peut noter certaines constantes dans le fait récifal et rechercher des affinités ou identités de situations locales. Une étude dans ce sens, qui nécessiterait de prendre en considération tous les aspects de l'environnement récifal (cadre géographique et climatique, tectonique, nature et composition de la construction, faunes et flores, contenu sédimentologique, diagenèse...) ne pourrait qu'être riche en enseignements. Dans le cadre limité de ce travail il ne sera proposé ici que quelques considérations d'ordre général.

Les récifs du groupe 1

De manière générale, comme on l'a vu, la turbidité est un facteur discriminant de la croissance corallienne. Localement, l'édification se ralentit ou s'interrompt selon l'importance des apports turbides. Ce matériel terrigène est véhiculé par des cours d'eau au débouché desquels un taux de salinité plus bas que la normale est peu favorable aux Madrèporaires. Ainsi les récifs du Golfe de Californie sont soumis à des apports boueux périodiques entravant leur développement. Les genres *Porites* et *Pocillopora* aux caractéristiques similaires y dominent par ailleurs. C'est le cas également au large des côtes du Brésil (De Anoraoe Nery Leao, 1985). L'édification dans des environnements turbides continus et de plus large implication est constatée en Indonésie (Umbgrove, 1947).

La stratification des constructions indique de nettes discontinuités dans le processus d'édification. Les différents épisodes correspondent à des fluctuations dans le régime de la sédimentation mais aussi du plan d'eau. Ce sont en effet des récifs édifiés au cours d'une phase transgressive comme le montre la succession des faciès prérécifaux (Oranie occidentale) ou la situation paléogéographique (récifs de bordure du Moyen Atlas installés sur le substratum secondaire). La croissance récifale est donc en partie déterminée par le niveau marin et la topographie initiale, ce qui se traduit par un jeu conjoint, une «compétition», entre la construction verticale et l'amplitude d'élévation du niveau d'eau (Davies & Marshall, 1985 ; Davies *et al.*, 1985 ; Neumann & Macintyre, 1985). Lorsque la croissance récifale se laisse distancer par la vitesse d'élévation du niveau de la mer, on assiste à un déclin puis un arrêt de l'édification et dans certains cas la « mort de ces récifs » est provoquée par un stress, une augmentation de la turbidité par exemple (Neumann & Macintyre, 1985) ; la situation des récifs de la bordure moyen atlasique au Maroc et de certains autres d'Oranie occidentale (Pont de Saboune), pourrait bien illustrer ce type de relations édification/transgression par l'ennoyage total des récifs dans des marnes à microfaune planctonique abondante.

Les récifs frangeants du groupe 2

Ces récifs se développent en bordure d'un relief assez escarpé, ce qui limite nettement leur extension ; ils représentent un cas de récifs peu évolués. On peut les rapporter au modèle actuel de certains récifs de Mer Rouge accrochés à une côte abrupte, au platier étroit (Bouchon *et al.*, 1981 ; Braithwaite, 1982 ; Gvirtzman *et al.*, 1977 ; Mergner, 1971), soumis par endroits (golfe de Suez) à des surcharges sédimentaires sableuses limitant l'édification (Schuhmacher, 1977). Mais on a vu que les récifs de ce groupe (Kebdana, Maroc) connaissent presque en permanence un régime détritique qui finit par entraver la croissance récifale.

Les récifs de plate-forme du groupe 3

Le type de développement des constructions coralliennes observé dans le secteur des Bahamas, ou pour une part dans le Golfe du Mexique, pourrait rendre compte, partiellement bien sûr, des caractéristiques du groupe 3. En effet les constructions coralliennes ne constituent pas un ensemble cohérent et de grande puissance, mais plutôt des « patchs » ou des bancs au sein d'une sédimentation de plate-forme (Blanc, 1982 ; Chavez *et al.*, 1985 ; Ferre d'Amare, 1985 ; Purser, 1983 ; Rezak, 1977 ; Rezak *et al.*, Zankl, 1972 ; Zankl & Mulder, 1985 ; Zlatarski, 1985).

Source : MNHN, Paris

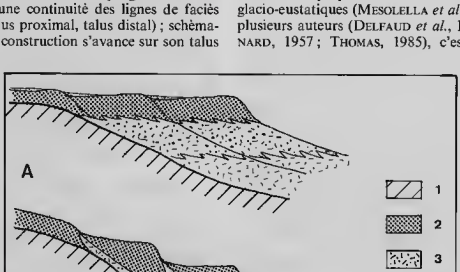
Les récifs à *Porites* du groupe 4

Les récifs du groupe 4 représentent un cas très particulier qui ne semble pas avoir d'équivalent de cette importance actuellement. Ils résultent en effet de la conjonction de divers facteurs de signification globale et régionale (voire locale) qu'il serait peu probable de retrouver réunis à plusieurs reprises.

Les phénomènes de progradation centrifuge

L'accrétion des récifs vers le large est une nécessité de leur développement. Cette progression, qui se complique de la croissance vers le haut de l'édifice, se réalise selon plusieurs paramètres (subsidence, eustatisme, tectonique, hydrodynamisme, taux de sédimentation) plus ou moins conjugués et prépondérants dans le temps et l'espace (BLANC, 1982 ; HECKEL, 1974 ; LONGMAN, 1981 ; LINK, 1950 ; TUCKER, 1985 ; VATAN, 1967 ; WILSON, 1975). En général, si l'édification se poursuit durant une stabilisation du niveau marin, que l'on enregistre ou non une certaine subsidence, le récif progresse vers le bassin, avec une continuité des lignes de faciès (armature, talus proximal, talus distal) ; schématiquement, la construction s'avance sur son talus (Fig. 159A). En cas de baisse du niveau marin, les corps construits se disposent à des cotes altimétriques de plus en plus basses. Chacun des corps récifaux s'établit en partie contre l'épandage biodétritique du précédent ; en position distale, les sédiments biodétritiques issus des différentes constructions forment une couche stratifiée peu pentée (Fig. 159B).

Les deux principaux modèles observés, l'un en Algérie (Murdjadjo), l'autre au Maroc (Melilla) répondent assez nettement au deuxième cas. Effectivement on constate que les corps récifaux se relayent en s'installant sur les sédiments biodétritiques fortement pentés à *Halimeda* ; ces sédiments qui s'accumulent en position plus distale montrent nettement, surtout au Murdjadjo, une stratification et des discontinuités marquant chaque phase de construction-démantèlement, l'ensemble étant presque horizontal. Reste à déterminer la cause de l'abaissement du niveau marin. Il peut être relatif et résulte alors de mouvements différentiels du substratum, d'origine tectonique. Il peut aussi correspondre également à une phase régressive, comme l'indique l'exemple des récifs pleistocènes des Barbades où semblent impliquées des fluctuations d'origine glacio-eustatiques (MESOLELLA *et al.*, 1970). Pour plusieurs auteurs (DELFAUD *et al.*, 1973 ; GOURINARD, 1957 ; THOMAS, 1985), c'est l'exhausse-



1 : Substratum anté-récifal. 2 : Corps récifal. 3 : faciès détritiques de talus proximal. 4 : faciès de talus distal.

FIG. 159. — Schémas illustrant deux types de progradation récifale.
A : Lors d'une stabilisation du niveau marin.
B : Lors d'une baisse du niveau marin.

Source : MNHN, Paris

ment continu du horst que représentait le Murdjadjo qui est à l'origine du biseautage des niveaux calcaires sur son flanc. Bien que vraisemblable, ce schéma ne rend pas compte entièrement du phénomène constaté et du fait que l'ensemble ne montre guère de déformations qu'auraient sans doute engendrées ces mouvements du substratum. Il est indéniable que les deux complexes récifaux évoqués se sont mis en place sur une structure bien marquée ; cependant compte tenu du contexte global (présence des stromatolithes sur la bordure des deux édifices et dépôts d'évaporites en contrebas du Murdjadjo), il semble bien que la migration des corps récifaux se déduise d'un abaissement du plan d'eau lié à une tendance à l'isolement et au confinement du domaine méditerranéen au cours du Messinien. C'est ce que suggère la similitude des dispositifs dans des bassins de structures différentes. Comme on sait d'autre part que la réorganisation structurale des divers bassins marginaux a joué un rôle dans l'évolution de la sédimentation messinienne, il n'est pas interdit de penser que ces deux causes ont pu se conjuguer partiellement pour accentuer les effets de la progradation. Quoiqu'il en soit, la valeur de l'abaissement, en tenant compte des basculements ultérieurs, évidents au Murdjadjo, n'a pas dépassé la centaine de mètres. Cette valeur est proche de celle déterminée par LUKOWSKI (1988) dans le bassin de Fortuna, en Espagne.

Importance des Algues du genre Halimeda

Dans ces récifs, l'abondance des *Halimeda* est également significative. On sait que ces Algues jouent actuellement un rôle important dans l'environnement récifal par leur taux de production organique et minérale et leur contribution à la sédimentation récifale, et ceci dans toutes les provinces récifales (CHEVALIER, 1978a, b ; CLOUD, 1952 ; DREW, 1983 ; DREW & ABEL, 1985 ; GHOSE, 1977 ; FORMAN & SCHLANGER, 1957 ; GOREAU & GOREAU, 1973 ; HILLIS-COLINVAUX, 1985, 1986 ; KAPLAN, 1982 ; KORNICKER & BOYD, 1962 ; KUKAL, 1971, LUCAS, 1970, 1973 ; MC NEIL, 1954 ; MILLIMAN, 1973, 1974 ; STODDART, 1969 ; WIMAN & MC KENDREE, 1975). Les thalles d'*Halimeda* se développent, par des formes dressées, dans toutes les zones du récif. Elles sont abondantes notamment sur le platier. Arrachés de leur substrat, les thalles et les fragments sont entraînés vers l'avant-récif et se déposent sur le talus. Ce schéma s'applique tout à fait aux récifs messiniens. On retrouve en effet des fragments d'*Halimeda* dans le remplissage intra-récifal, sur le platier, mais aussi surtout parmi les épandages biodétritiques de talus. Selon les références actuelles l'abondance des *Halimeda* semblerait traduire des conditions « normales », voire banales, de développement récifal.

Discussion

Les récifs de type 4 conjuguent plusieurs caractéristiques, à savoir oligospécificité, progradation descendante de corps construits, abondance des Algues *Halimeda*, qui leur confèrent une particularité marquée. Ils possèdent en plus une forte production interne de sédiments carbonatés (micrite, débris divers) qui les distingue nettement des autres groupes, dont l'alimentation est surtout d'ordre externe. Ils ne constituent cependant qu'un des types récifaux engendrés au Miocène supérieur. Comme tous les cas particuliers ils sont la résultante de l'action d'un grand nombre de facteurs, de significations diverses. Mais en toute évidence ils s'inscrivent dans le contexte particulier de l'évolution de la Méditerranée au Messinien et en enregistrent certains effets.

CONCLUSION

Les principales caractéristiques des récifs actuels, et cela est montré dans toutes les provinces récifales, résultent essentiellement d'une histoire récente, liée à des événements géologiquement brefs. Les fluctuations glacio-eustatiques ont façonné le cadre morphologique et sédimentologique dans lequel s'est réalisée l'édification actuelle. Les récifs du Messinien installés dans un autre contexte témoignent naturellement d'une certaine particularité :

* il n'y a pas de constructions localisées en bordure d'un abrupt profond ; l'édification au Miocène supérieur a surtout concerné des bassins marginaux ;

* le tombant récifal, lorsqu'il est réellement exprimé, n'apparaît jamais réellement conséquent (sauf peut-être au Murdjadjo) en regard des formations actuelles ; en dehors des récifs à

Source : MNHN, Paris

Porites, les faciés de talus sont peu importants ; on ne peut que rarement mettre en évidence des faciés typiques de lagon ;

* les dépôts environnants montrent essentiellement durant l'édification récifale une mer peu profonde épicontinentale remplissant des bassins extrêmement compartimentés à évolution séparée ; les moindres variations dans cette configuration influent directement sur la nature des récifs.

L'HISTOIRE RÉCIFALE AU MIOCÈNE SUPÉRIEUR EN ALGÉRIE ET AU MAROC

L'exceptionnelle activité récifale corallienne enregistrée vers la fin du Miocène en Algérie et au Maroc résulte de la conjonction d'un certain nombre d'événements (climatiques, tectoniques, eustatiques) qui assurent une réorganisation paléogéographique évolutive particulièrement favorable par la multiplication des aires bordières peu profondes, baignées d'eaux suffisamment chaudes pour permettre une explosion des constructions coralliennes. Les caractères des édifices s'inscrivent dans ce cadre.

L'examen des diverses formations coralliennes d'Algérie et du Maroc suggèrent quelques réflexions qui pourraient ouvrir de nouvelles perspectives de recherche :

* l'importance du phénomène récifal ne peut s'expliquer seulement par l'occupation systématique des aires peu profondes (il n'existe pas que des sédiments profonds au Tortonien par exemple) ; on sait que le facteur climatique est déterminant pour la croissance des Madréporaires ; on n'a pas assez réfléchi au volume considérable de matériel calcaire que représente l'édification au Miocène supérieur, constatation renforcée par la découverte récente et continuelle de nouveaux édifices coralliens, notamment aux abords du Moyen Atlas au Maroc ; comment ne pas en voir la conséquence d'un environnement climatique relativement favorable et modérant le refroidissement global qui se manifeste à partir du Miocène inférieur ; la coïncidence d'un facteur climatique aussi nettement suggéré avec une transgression également généralisée amène à se demander si il n'y aurait pas là une relation ; en fait l'hypothèse d'un lien entre réchauffement et mouvement eustatique positif ne saurait être d'emblée écartée, même si jusqu'à maintenant elle n'a pas été envisagée par les auteurs ; dans ce cas, le cadre tectonique n'aurait fait que guider les effets de la transgression, parfois en retardant ses effets (exemple de Melilla ?) ;

* l'épisode corallien a été précédé en de nombreux endroits par le dépôts d'importantes formations riches en Mélobésiées dont le rôle de sole récifale est assez général ; partiellement contemporaine la production phytoplanctonique à l'origine de la sédimentation diatomitique, constitue un autre événement remarquable ; enfin, la présence de stromatolithes indique à la suite de la mort des récifs, une nette activité cyanobactérienne ; en fait, en dehors de la crise évaporitique qui a seule retenu l'attention, le Messinien est marqué par une activité biologique déterminante dans la sédimentation ;

* bien que la chronologie dans l'édification soit toujours très délicate à établir, il semble que l'on puisse retrouver les notions assez anciennes de récifs transgressifs et récifs régressifs ; ce qui tendrait à prouver aussi que les conditions générales sont demeurées relativement stables durant une période qui va du Tortonien très supérieur jusqu'au Messinien préévaporitique ; chronologiquement, se seraient établis, d'abord dès le sommet du Tortonien et jusqu'au maximum de transgression bien daté Messinien, un certain nombre d'édifices au Maroc (sillon sud-rifain en général, Kebdana) et en Algérie (Oranie occidentale, bordure méridionale des Tessala) ; parallèlement d'autres édifices (Murdjadjo, bassin du Chélif en Algérie ; Melilla et peut-être Boudinar au Maroc) ont commencé leur développement qui s'est maintenu, pour des raisons sans doute morphologiques (hauts-fonds pentus et bien marqués), durant la régression messinienne ; ceci dit, il apparaît hors de doute que lors du maximum de transgression ont coexisté pendant un moment (correspondant sans doute à une période de stabilisation), dans des zones proches, des récifs plurigénériques et des récifs à *Porites* ; cette différenciation n'est pas à mettre en relation avec la crise messinienne mais plutôt avec une diversification paléogéographique où les facteurs locaux tiennent une grande part ;

* la fin de l'édification récifale est un événe-

Source : MNHN, Paris

ment apparemment assez brutal ; on ne peut manquer de constater que les derniers édifices actifs au Messinien sont ceux aussi qui montrent une dynamique de croissance assez forte et dont la production sédimentaire interne est aussi la plus importante ; la coïncidence avec les aires de dépôt à diatomites est à cet égard bien significative puisque liée á un dispositif morpho-structural qui a joué pleinement son rôle lors de l'épisode évaporitique (ROUCHY, 1982a, b, 1986) ;

* une des données les plus importantes, dont on verra la confirmation plus loin á l'échelle de la Méditerranée, reste l'identité presque parfaite entre les édifices installés près de la façade atlantique et ceux des bassins internes du domaine méditerranéen, ce qui permet de définir un « domaine récifal » très étendu et aussi trés homogéne ; cela traduit certainement une permanence de communications aisées entre Atlantique et Méditerranée au moins jusqu'au début du Messinien et révélées en partie par l'emplacement des récifs coralliens (sillon sud-rifain et bassins intramontagneux marocains).

LE DÉVELOPPEMENT RÉCIFAL EN MÉDITERRANÉE

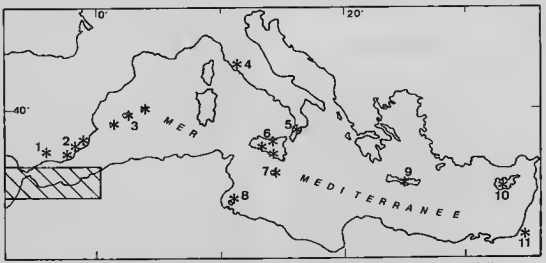
LA RÉPARTITION DES RÉCIFS CORALLIENS DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR

Les données bibliographiques

L'édification récifale corallienne s'est manifestée au Miocène supérieur dans tout le domaine méditerranéen (Fig. 159). Bien que les repéres stratigraphiques ne soient pas toujours très sûrs, on peut avancer que la plupart des constructions recensées s'inscrivent dans une tranche de temps qui va du Tortonien supérieur au Messinien. Les références bibliographiques qui suivent donnent une idée de la répartition géographique des édifices. Les récifs coralliens bien datés du Miocéne terminal sont donc reconnus dans le SE de l'Espagne, plus particuliérement entre Alicante et Almeria, aux Iles Baléares, en Italie (Livournois), en Sicile, dans l'Ile de Malte, en Tunisie (sondages dans le golfe de Gabès), en Crète, á Chypre, en Israël et sans doute en Turquie, sans excepter d'autres régions (Syrie ?) pour lesquelles les données sont rares ou trop anciennes.

Méditerranée en général : BIZON & BIZON (1976) ; BUSSON (1979) ; CHEVALIER (1961, 1977) ; ESTEBAN (1979) ; ROUCHY (1979, 1982a, b, 1983, 1985, 1986) ; ROUCHY *et al.* (1986) ; SAINT MARTIN & CHAIX (1984) ; WRIGHT & CITA (1979).

Espagne : ADDICOTT *et al.* (1977) ; ADDICOTT *et al.* (1978, 1979) ; AMSTRONG *et al.* (1977, 1980) ; BERNET-ROLLANDE & MAURIN (1980) ; BERNET-ROLLANDE *et al.* (1980) ; BIZON *et al.* (1972a, b, 1975) ; BRIEND (1981) ; DE LA CHAPELLE (1988) ; DABRIO (1974, 1975) ; DABRIO & MARTIN (1978) ; DABRIO *et*



1 : Bassin de Grenade. 2 : Bassin du Levant espagnol (entre Alicante et Almeria). 3 : Baléares.
4 : Toscane. 5 : Calabre. 6 : Sicile. 7 : Malte. 8 : Golfe de Gabes. 9 : Crète. 10 : Chypre. 11 : Israël.

FIG. 160. — Répartition des principales zones de récifs coralliens (*) du Miocéne supérieur en Méditerranée.

Source : MNHN, Paris

al. (1978) ; Dabrio *et al.* (1985) ; Dronkert (1976) ; Dronkert & Pagnier (1977) ; Esteban (1977a, b, 1979) ; Esteban & Giner (1977a, b) ; Esteban *et al.* (1977) ; Fournier (1980) ; Geel (1977) ; Larouzière *et al.* (1987) ; Lukowski (1988) ; Lukowski *et al.* (1988) ; Maurin *et al.* (1980) ; Megías (1985) ; Megías *et al.* (1983) ; Montenat (1973, 1977a, b, c, d, e) ; Montenat & Roman (1970) ; Montenat *et al.* (1976) ; Montenat *et al.* (1978) ; Montenat *et al.* (1980) ; Montenat *et al.* (1987) ; Monty *et al.* (1980) ; Ott d'Estevou (1980) ; Ott d'Estevou *et al.* (1988) ; Pagnier (1977) ; Rouchy (1982a, b) ; Roux & Montenat (1977) ; Santisteban (1981) ; Santisteban & Taberner (1983) ; Soler *et al.* (1983) ; Troelstra *et al.* (1980), Van de Poel *et al.* (1984) ; Völk (1966).

Baléares : Baron & Gonzalez (1985) ; Bizon *et al.* (1973), Bourrouilh (1973) ; Bourrouilh *et al.* (1972) ; Brebion *et al.* (1968) ; Esteban & Pray (1979) ; Pomar *et al.* (1983) ; Pomar *et al.* (1983) ; Rangheard (1969).

Italie continentale : Bossio *et al.* (1978) ; Bossio *et al.* (1981) ; Esteban *et al.* (1978) ; Giannini (1960, 1962) ; Pertusati *et al.* (1980).

Sicile : Aruta & Buccheri (1976) ; Catalano & Esteban (1978) ; Di Geronimo *et al.* (1981) ; Di Stefano & Catalano (1976) ; Esteban *et al.* (1982) ; Grasso *et al.* (1982) ; Pedley (1981, 1983) ; Ruggieri *et al.* (1969).

Malte : Bosence & Pedley (1979, 1982) ; Gianelli & Salvatorini (1975) ; Lorenz & Mascle (1984), Pedley (1978, 1979) ; Pedley & Waugh (1976) ; Pedley *et al.* (1976).

Tunisie : Bismuth (1976, 1984) ; Bolze *et al.* (1952) ; Burollet (1951) ; Stchepinsky (1938).

Crète : Angelier (1975) ; Bezes *et al.* (1983) ; Dermitzakis & Theodoris (1984) ; Marcopoulou-Diacantoni (1979b), Symeonidis *et al.* (1979).

Chypre : Baroz & Bizon (1977) ; Elion (1983), Orszag-Sperber & Rouchy (1979) ; Weisgerber (1978).

Israël : Buchbinder (1977a, b) ; Gvirtzman & Buchbinder (1978).

Un certain nombre d'autres édifices, moins bien connus, ou dont l'âge exact demanderait plus de précisions, pourraient être assimilés à cet ensemble :

— bassins de Grenade et de Guadix en Espagne : Dabrio *et al.* (1978) ; González Donoso (1977) ;

— région calabraise en Italie : Chevalier (1961).

Enfin dans quelques régions on connaît des édifices dont les caractères sont apparemment similaires à ceux du Miocène terminal. C'est le cas en Corse de récifs à *Porites* et *Tarbellastraea* dont un certain nombre de travaux situeraient l'âge plutôt dans le Miocène moyen selon Orszag-Sperber (1971, 1975, 1980), Orszag-Sperber & Freytet (1973), Orszag-Sperber & Poignant (1972), Orszag-Sperber & Pilot (1976), Orszag-Sperber *et al.* (1977).

Les récifs d'Espagne et des Baléares

Ce sont sans conteste les édifices coralliens de Méditerranée les plus étudiés. Il serait bien trop long d'en faire ici une revue complète. On peut se reporter à la liste établie ci-dessus et à la synthèse de Santisteban (1981) qui en indique les principaux aspects. Ces récifs coralliens sont présents dans un grand nombre de bassins marginaux du SE de l'Espagne et se sont installés dans des environnements extrêmement divers. On y retrouve à peu prés tous les types définis précédemment. De plus, certains groupes d'édifices considérés généralement comme d'âge tortonien, notamment dans le bassin de Fortuna (Montenat, 1977e ; Santisteban, 1981), sont maintenant placés dans le Messinien selon des travaux récents (Lukowski, 1988 ; Lukowski *et al.*, 1988). Ces faits nouveaux montrent bien la généralisation d'un phénoméne récifal vers le sommet du Miocéne.

L'édifice de Santa Pola (environs d'Alicante) découvert par Maurin (1974, communication orale) est l'un des plus intéressants pour y étudier les structures (front, passes, lagon), les morphologies coloniales de *Porites*, les relations entre bioconstructions coralliennes et stromatolithiques (Rouchy *et al.*, 1986), et les processus diagénétiques. Les phénoménes de progradation avec des corps construits à *Porites* et épandages biodétritiques à *Halimeda* s'observent également en Espagne (Nijar). Signalons que ces récifs à *Porites* se développent à proximité de zones d'accumulations diatomitiques (de type I).

Dans l'île de Mallorca, l'activité récifale se manifeste au Messinien par le développement d'un complexe récifal assez important, rapporté au Messinien. Les incertitudes quant à l'interprétation de la position relative de diverses unités soulignées par Pomar *et al.* (1983), traduisent bien la fragilité de la classification établie par Esteban (1979) entre un type A à Madréporaires diversifiés et un type B à *Porites*, ce dernier correspondant à des récifs qui seraient affectés directement par la crise évaporitique. Compte tenu de ces imprécisions l'assimilation du complexe récifal à un modèle actuel (celui des Caraïbes) n'a pas beaucoup de signification. Le complexe terminal post-récifal comporte des constructions stromatolithiques.

Un certain nombre d'auteurs ont développé

Source : MNHN, Paris

l'idée selon laquelle des constructions coralliennes seraient intercalées entre les diverses phases évaporitiques recensées (DABRIO *et al.*, 1985 ; ESTEBAN, 1979 ; MEGIAS, 1985 ; MÜLLER, 1986 ; SANTISTEBAN, 1981 ; SANTISTEBAN & TABERNER, 1983). Sans entrer dans le détail et quelles que soient les argumentations diverses proposées (tectonique, eustatisme...), ces interprétations ne reposent sur aucune observation de terrain directe. Dans aucun des sites récifaux du Miocène supérieur d'Espagne, visités personnellement (Santa Pola, Elche, Lorca, Fortuna, Sorbas, Nijar), il n'a été possible d'envisager une corrélation entre les récifs et les formations évaporitiques. L'antériorité de l'édification est au contraire inscrite dans les faits de terrain, à condition de bien dégager à chaque fois le dispositif morphologique local.

En conclusion, la diversité des situations paléogéographiques et sédimentaires se traduit normalement au niveau de l'édification récifale. Les récifs situés en position marginale subissent une sédimentation terrigène parfois très importante. La trame récifale, très variable dans sa structure, est construite par un nombre réduit de genres de Madréporaires. La faune associée, pour autant qu'on puisse en juger (Tabl. 30), est comparable en tout point à celle d'Afrique du Nord.

Parmi les récifs assimilables au groupe 4 précédemment défini, un certain nombre confirment la relation entre l'oligospécificité (*Porites* unique constructeur) et la présence conjointe de dépôts diatomitiques. Il est à noter que des récifs bien datés du Messinien sont oligogénériques et peuvent subir une sédimentation terrigène fine, ce qui infirme la distinction Tortonien-Messinien établie sur cette base (DABRIO et MARTIN, 1978 ; MONTENAT, 1977e).

La succession dans le temps et l'espace des bioconstructions à Mélobésiées, Madréporaires et stromatolithes se vérifie bien également en Espagne (ROUCHY *et al.*, 1986).

Les récifs d'Italie et de Sicile

L'édification récifale semble montrer en Toscane plusieurs modalités. En bordure, les constructions se sont installées dans des sédiments à apports terrigènes. Les colonies de *Porites lobatosepta* en gerbes y dominent et permettent l'installation d'autres formes comme *Tarbellastraea*. Selon BOSSIO *et al.* (1981), il s'agirait de *patch-reefs*, impliquant l'existence d'une « barrière » récifale non retrouvée, et établis au niveau de cônes deltaïques. Par ailleurs dans d'autres secteurs on observe des édifices composés de successions de corps récifaux à *Porites* s'établissant successivement sur des talus calcarénitiques à *Halimeda* et Serpulidae.

De semblables observations ont été réalisées en Sicile, avec semble-t-il la même diversification des constructions selon l'environnement. Les niveaux pré-récifaux comportent souvent en abondance *Borelis melo*, Foraminifère typique des milieux de plate-forme interne. Là encore on note une relation entre récifs à *Porites* et sédiments diatomitiques.

Les récifs de Malte et de Tunisie

Les constructions coralliennes de Malte se présentent en général sous forme de « patchs », à *Porites* et *Tarbellastraea*, de dimensions variables, installés au sein de couches à Mélobésiées très puissantes. Il s'agit là d'un exemple bien net de récifs du groupe 3.

Pour la Tunisie, on ne connaît de formations coralliennes datées avec certitude du Messinien que par des sondages dans le golfe de Gabès qui ont recoupé des niveaux riches en *Porites* et en Bryozoaires. La série contient également des Mélobésiées et, parmi les Foraminifères, *Borelis melo*. Cependant certaines unités sédimentaires du NE de la Tunisie, placées stratigraphiquement dans le Miocène supérieur et assez mal connues par ailleurs, renferment des Coraux comme *Siderastraea*.

Les récifs de Méditerranée orientale

Moins bien connus dans le détail, les récifs de Méditerranée orientale paraissent peu développés (ROUCHY, 1982a) et sont associés à des plates-formes étendues (Crète, Chypre, Israël) dans lesquelles dominent les bioconstructions à Mélobésiées. Une étude en cours sur les formations récifales de Crète (SAINT MARTIN, inédit) souligne en fait l'extension remarquable des constructions coralliennes, dans des environnements sédimentaires variés. Les genres *Porites* et *Tarbellastraea* assurent le plus fréquemment la construction. On connaît cependant à Chypre des édifices à *Porites* reposant sur des niveaux diatomitiques et exceptionnellement des petits corps à *Porites* sur des évaporites.

Source : MNHN, Paris

Les principaux enseignements

Un phénomène récifal au Miocène supérieur

L'inventaire, bien que sans doute incomplet de tous les récifs du Miocène supérieur de Méditerranée (au sens large), permet de relever certains points importants :

+ **au point de vue stratigraphique :** l'édification récifale s'est réalisée pendant une période qui est située biostratigraphiquement entre le Tortonien supérieur et la première partie du Messinien ;

+ **la réorganisation paléogéographique du Tortonien supérieur :** elle est manifeste dans tous les domaines, et se traduit par un épisode transgressif qui permet aux récifs de s'installer directement sur les substratums anté-miocènes ; cette transgression est guidée par les caractéristiques morphostructurales de chaque bassin qui ont pu évoluer au cours de la sédimentation tortono-messinienne ;

+ **la différenciation récifale :** elle résulte essentiellement de la diversité des situations paléogéographiques et des environnements sédimentaires qui y sont liés ; la classification sommaire en quatre groupes principaux (définis précédemment) peut s'appliquer à la plupart des récifs connus ;

+ **le rôle des Mélobésiées :** dans de nombreux cas, les récifs coralliens s'installent sur des couches á Mélobésiées qui les premières ont colonisé le milieu ; cette succession typique implique des modifications paléoécologiques dans l'environnement (profondeur notamment) ;

+ **les communautés coralliennes :** elles sont identiques de l'Atlantique à la Méditerranée orientale, caractérisant ainsi un stock corallien sur lequel les facteurs locaux du milieu vont jouer un rôle essentiel ; il faut remarquer que l'oligospécificité de certaines constructions ne résulte que de l'élimination d'un ou deux autres genres principaux ;

+ **le dynamisme des constructions :** quelque soit l'environnement, même á priori défavorable, et avec un stock corallien réduit dés le départ, on assiste á une véritable explosion des constructions coralliennes qui doit témoigner de conditions climatiques pour le moins favorables ;

+ **les récifs à *Porites* :** le genre *Porites* par son adaptation á toutes les variations extrêmes du milieu est devenu au Miocéne supérieur le constructeur essentiel ; le cas particulier des récifs à *Porites* unique semble bien résulter de la conjugaison d'un phénomène global (systéme de circulations océaniques et atmosphériques) et de sa répercussion locale (emplacement des zones á remontées d'eau froide profonde), ce que tendraient á démontrer les relations constatées entre accumulations diatomitiques et récifs á *Porites* (groupe 4) ;

+ **la régression messinienne :** au cours du Messinien la restriction des aires de sédimentation liée á un affaiblissement des communications atlanto-méditerranéennes, conduit certains édifices à se développer vers les centres de bassin selon des processus de progradation descendante aux modalités assez semblables (corps récifaux distincts, talus á *Halimeda*) ; dans le même temps d'autres édifices ont cessé de se développer et ont été exondés ;

+ **la fin de l'édification récifale corallienne :** le Messinien marque la fin de l'édification récifale á Madréporaires en Méditerranée ; cette disparition intervient durant le Messinien et elle est antérieure à l'épisode évaporitique principal ; elle semble assez brutale et seule une légére augmentation des températures minimales auraient pu rétablir des conditions récifales ; on peut penser que le confinement (conjugué á un refroidissement vers le milieu du Messinien ?) qui s'instaure dans les bassins marginaux n'a plus permis aux Coraux de survivre ; le biotope laissé libre sera colonisé par des formations cyano-bactériennes ; signalons cependant les observations de Montenat *et al.* (1980) effectuées á Benejuzar (environs d'Alicante, Espagne) selon lesquelles quelques colonies peu développées de *Porites* et *Siderastraea* seraient intercalées dans des niveaux supraévaporitiques stromatolithiques (mais nous n'avons pu confirmer ce fait sur le terrain) ; á ceci a dû s'ajouter un facteur climatique défavorable á la limite mio-pliocène, car lors de la transgression pliocéne qui regagne partiellement le domaine précédemment évacué on ne constate absolument aucune réimplantation á caractère récifal (Russo, 1980) ; d'autre part on observe des enrobages micritiques qui se produisent aprés la mort des récifs et avant l'envasement par des argiles du Miocène terminal (Maurin et Monty, 1979 : communication orale) ; or dans des sections entiérement argileuses un événement climatique est décelable par l'analyse de Forami-

Source : MNHN, Paris

nifères planctoniques, dans la même position stratigraphique, résultats par ailleurs identiques à ceux obtenus par CRAVATTE (1977, communication orale) sur un sondage effectué au large des Iles Habibas (Littoral oranais, Algérie).

+ **l'évolution des bioconstructions :** le Miocène supérieur correspond à une intense activité bioconstructrice dont l'évolution spatio-temporelle traduit bien l'évolution globale du « paysage » méditerranéen (Fig. 157) ; le complexe supérieur à stromatolithes marque évidemment une extension des milieux résiduels et un confinement plus accentué ; cependant leur position par rapport aux édifices récifaux suggère des mouvements d'eau au cours de l'épisode évaporitique ; ces fluctuations ont permis souvent une recolonisation partielle spectaculaire des édifices coralliens ; d'autres types d'organismes, comme les Annélides, participent de manière plus limitée à cette dynamique (ROUCHY *et al.*, 1986) ;

+ **durée de l'édification et maturité :** les modifications d'environnement qui accompagnent l'évolution paléogéographique au Miocène supérieur ont eu une répercussion directe sur l'édification ; de manière générale, sauf rares exceptions (Santa Pola ?), les récifs ne parviennent pas à un état de maturité tel que se mettent en place des dispositifs directement comparables au modèle classique lagon-platier-crête algale-front récifal-brèches-talus proximal-talus distal ; on n'en observe que des ensembles généralement tronqués ; l'absence d'atolls et de récifs-barrières en est un élément supplémentaire.

Le domaine récifal atlanto-méditerranéen

Ainsi le phénomène récifal apparaît nettement défini comme un événement majeur, par son extension générale, par son apparente soudaineté à l'échelle géologique. On ne peut manquer d'envisager en conséquence la notion d'un ***domaine récifal atlanto-méditerranéen***, recouvrant la Méditerranée et ses abords atlantiques (péninsule ibérique et Afrique du Nord), aux caractères originaux et à l'histoire guidée par des facteurs à caractères généraux (climat, eustatisme, tectonique globale) et particuliers (tectonique régionale, sédimentation). L'examen des autres formations coralliennes du Miocène en Méditerranée suggère assez un héritage paratéthysien, mais une telle relation demanderait sans doute de plus amples recherches.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

CONCLUSION GÉNÉRALE

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Un événement de grande ampleur

A partir du Tortonien supérieur le vaste domaine atlanto-méditerranéen est le siège d'une intense activité constructrice. Des récifs coralliens se mettent en place dans la plupart des bassins marginaux. Cette explosion récifale est favorisée par une réorganisation tectonique et paléogéographique créant de nombreuses aires sédimentaires peu profondes, mais sans doute également par une conjoncture climatique favorable. Le refroidissement général des eaux marines amorcé dès le Miocène inférieur semble marquer un palier et il n'est pas impossible d'envisager un léger réchauffement.

Ainsi va fonctionner dans tout le ***domaine récifal atlanto-méditerranéen*** un écosystème récifal très caractérisé. Le stock corallien étant réduit à quelques genres, à la suite des péjorations des conditions optimales de développement corallien entre le Miocène inférieur et le Tortonien supérieur, les constructions seront réalisées de manière homogène par quelques Madréporaires dominants, adaptés aux diverses circonstances. Les facteurs locaux d'environnement seront déterminants sur la composition des communautés coralliennes, donc sur l'armature et par voie de conséquence sur le peuplement. Bien que la faune récifale associée résulte également d'un fonds commun, les caractéristiques du bâti conditionnent les assemblages retrouvés.

Au regard de l'événement évaporitique et de ces incidences géologiques, les récifs jouent le rôle de révélateurs d'un dispositif morpho-structural en évolution. La morphologie de bassins marginaux, en communication avec le bassin plus profond par des seuils plus ou moins élevés, conditionne la sédimentation et son évolution tant dans les dépressions où s'accumulent marnes, sables ou diatomites que sur les bordures où s'installent les plates-formes carbonatées à Rhodophycées et des édifices coralliens. Dans ces conditions il n'est pas étonnant de constater que les facteurs déterminants de la sédimentation vont jouer également un rôle sur la construction corallienne. Les apports terrigènes affectent les récifs en réglant la succession des phases d'édification de la même façon que les *upwellings* côtiers initient les « blooms » phytoplanctoniques à l'origine des accumulations diatomitiques et interviennent sur la faune corallienne (récifs oligospécifiques à *Porites*).

Les récifs coralliens sont également des marqueurs paléogéographiques et ils soulignent des voies de communication qui ont fonctionné durant le Tortonien supérieur et une partie du Messinien (sillon sud-rifain et ses dépendances). Avec la rupture ou l'atténuation de ces communications commence en grande partie la « crise » messinienne.

La période de fonctionnement de l'écosystème récifal à Madréporaires va s'achever en même temps que s'instaurent des conditions de confinement trop sévères pour être supportées par les Coraux. Là encore les récifs coralliens sont des révélateurs d'une évolution paléogéographique marquée dans leur structure d'ensemble. L'abaissement du plan d'eau oblige en effet les récifs à une progression descendante des constructions.

Force est de constater que la fin de l'édification constitue un deuxième événement, après l'explosion du Tortonien supérieur. Elle paraît assez subite car les derniers édifices possèdent encore une dynamique de croissance remarquable et on ne trouve pas témoignage (sauf à Benejuzar en Espagne ?) d'une réimplantation ultérieure de colonies coralliennes. Mais, et il s'agit là d'un phénomène intéressant, le milieu résiduel et confiné se révèle riche en bioconstructions d'origine cyano-bactérienne. Il ne s'agit pas d'un processus de compétition, puisque les deux types de constructions n'entrent pas en interaction, mais bien de relais entre deux écosystèmes distincts.

Source : MNHN, Paris

Comme tous les événements majeurs, le phénomène récifal corallien tire son origine et ses particularités de la conjonction de facteurs á significations générales (climat, circulations marines et atmosphériques, grands événements structuraux, eustatisme ?) et á significations plus locales (tectonique régionale, salinité, paléotopographie, système de courants...).

Apports de l'étude, hypothèses, problèmes

Les résultats apportés par ce travail sont d'ordres divers :

+ mise en évidence de l'extension des formations récifales coralliennes du Miocéne supérieur avec la découverte, tant en Algérie qu'au Maroc, d'édifices parfois trés importants ;

+ inventaire paléontologique contribuant á une meilleure connaissance de l'écosystéme récifal messinien ;

+ preuve du fonctionnement d'un détroit entre Moyen Atlas et Tazzeka au Maroc, permettant les communications entre les parties orientales et occidentales du sillon sud-rifain ;

+ confirmation de l'existence de Tortono-messinien au niveau d'Oujda suggérant une possible communication avec le bassin de la Tafna ;

+ reconstitution, á partir de la situation, de la structure et la morphologie des édifices coralliens, de l'évolution paléogéographique tortono-messinienne caractérisée par des variations du plan d'eau.

Pour un certain nombre de questions, antérieurement débattues ou non, il a été proposé des hypothèses ou des voies de recherches :

* **l'épisode transgressif du Tortonien supérieur** : la généralisation des mouvements transgressifs au Tortonien supérieur suggére une autre cause que strictement tectonique (distension) ; la coïncidence entre l'explosion récifale et ces transgressions laisse supposer un lien direct ; on peut penser qu'un léger réchauffement a accompagné un mouvement eustatique positif, même de trés faible amplitude, guidé par une certaine mobilité tectonique et doublement á l'origine d'un développement récifal aussi spectaculaire ;

* **les récifs à *Porites*** : l'hypothése de l'action des remontées d'eaux froides sur l'oligospécificité des constructions a été formulée et étayée par des exemples actuels ;

* **les morphologies coloniales** : la mise en place de certaines morphologies développées par *Porites*, avec des formes verticales et horizontales imbriquées a été reliée simplement á des impératifs d'ordre strictement géométrique, sans qu'on doive invoquer en plus des détériorations manifestes et globales des conditions d'environnement ;

* **l'histoire récifale en Méditerranée** : la brutale explosion récifale observée au Tortonien en Méditerranée suit une période de hiatus pendant le Serravalien et une partie du Tortonien ; un relais de l'édification a été envisagé au niveau de la Paratéthys.

Cependant plusieurs problèmes subsistent pour lesquels des études complémentaires seraient nécessaires. Ainsi une analyse sédimentologique séparée complète de chaque édifice contribuerait trés certainement á améliorer la connaissance de l'événement récifal corallien du Miocéne supérieur mais aussi de ses rapports avec l'évolution de la Méditerranée vers le confinement.

En guise de conclusion on ne saurait trop insister sur le fait, bien peu évoqué car occulté par le théme porteur de « crise de salinité », que le Miocéne terminal correspond à une intense période de production bio-sédimentaire par accumulation (diatomites) ou par construction (Mélobésiées, Madréporaires, Cyanophycées, Annélides Serpulidae...) dont les récifs coralliens ne représentent qu'un terme. La reconstitution de l'histoire géodynamique de la Méditerranée au Mio-pliocéne doit nécessairement prendre en considération la signification de l'ensemble de ces phénoménes bio-sédimentaires qui apportent un témoignage direct sur les paramétres de contrôle des environnements.

Source : MNHN, Paris

REMERCIEMENTS

Le développement des connaissances acquises sur les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc a fait l'objet d'un mémoire de thèse d'État soutenue á l'Université d'Aix-Marseille 1, le 3 octobre 1987. Depuis le début des recherches entreprises sur le terrain jusqu'á la remise á jour et l'amendement nécessaire du mémoire de thèse, j'ai pu bénéficier de nombreux conseils et de précieux concours qui ont permis l'achévement du présent mémoire et qu'il m'est agréable d'évoquer ici.

Monsieur J. PHILIP a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire et assumer la direction de la thése. Durant ces nombreuses années de recherche et alors que ma situation fut á quelques reprises assez incertaine, il n'a cessé de m'aider et me soutenir de diverses manières et je l'en remercie vivement. Une sortie conjointe sur le terrain m'a permis en outre de bénéficier de son expérience des formations construites.

J'ai trouvé en la personne de Monsieur J. M. ROUCHY, non seulement un collaborateur et un compagnon lors de missions sur le terrain en Espagne, en Algérie et au Maroc, mais surtout un ami dévoué auquel le travail effectué doit beaucoup, tant sur le plan des idées que matériellement. Des nombreuses discussions sur le terrain et au Laboratoire de Géologie du Muséum m'ont permis d'orienter au mieux le travail et d'éviter sans doute bien des erreurs.

Monsieur L. DAVID a effectué en ma compagnie une tournée des récifs coralliens d'Oranie occidentale et sa présence dans le jury de thèse fut pour moi un grand plaisir. Ses remarques judicieuses tant sur le fond que la forme m'ont été d'une grande aide dans la rédaction du présent ouvrage.

Certains thémes touchant á la paléoécologie récifale avaient déjá été abordés par Monsieur J. C. FISCHER et j'ai pu ainsi, grâce à l'abondante bibliographie qu'il avait constituée et qu'il m'a obligeamment communiquée, gagner un temps considérable. D'autre part ses conseils, son intérêt pour mon sujet et son appui m'ont toujours été précieux, lors de mes séjours á l'Institut de Paléontologie du Muséum.

L'intervention de Monsieur A. MAURIN de la Compagnie Française des Pétroles est multiple. En plus du soutien matériel, inestimable pour moi, qu'il a pu m'obtenir, M. MAURIN m'a permis, grâce á sa grande connaissance des édifices carbonatés, d'élargir un peu le champ de mes recherches. Ses idées neuves et stimulantes, ses critiques aussi, ont orienté nombre de conclusions ou d'argumentations.

Durant toutes les années passées en Coopération d'abord á Oran (Algérie) puis á Fés (Maroc), j'ai pu me rendre compte á quel point l'isolement des coopérants au cours de leur travail est préjudiciable. Cependant, j'ai toujours trouvé en mes collégues, qu'ils soient géologues ou biologistes, des amis trés sûrs, et l'excellente ambiance qui a animé notre vie obligatoirement commune restera l'un des facteurs les plus favorables á la poursuite de l'œuvre engagée. Je tiens donc á remercier ici tous ceux qui ont bien voulu participer par la discussion, par le transport d'échantillons ou en m'accompagnant sur le terrain á la réalisation de ce mémoire : S. AIMÉ, B. ANDREU, J. P. ARRONDEAU, L. BELKEBIR, M. BESSEDIK, Y. CALLOT, A. CENTÉNE, C. CHAIX, A. CHARRIÉRE, R. CISZAK, H. GONORD, J. L. LACAS, P. MOISSETTE, J. P. PIQUET, A. PRUDHOMME, L. ROUQUET, M. SABATIER et P. VERDEIL.

Le matériel récolté a pu être en grande partie exploité grâce au concours d'un certain nombre de spécialistes qui m'ont souvent apporté plus que des déterminations et avec lesquels se sont engagées des collaborations trés bénéfiques :

— Foraminifères : A. POIGNANT, M. T. VENEC-PEYRET, Y. LE CALVEZ ;
— Ostracodes : C. GUERNET ;
— Madréporaires : C. CHAIX ;
— Bryozoaires : P. MOISSETTE ;
— Bivalves : S. FRÉNEIX ;
— Gastéropodes : P. BRÉBION ;
— Échinides : J. ROMAN ;
— Crustacés Décapodes : P. MÜLLER.

Mme A. CAMBRELENG s'est chargée de dessiner certaines cartes et je lui en suis trés reconnais-

Source : MNHN, Paris

sant. Je tiens également à remercier toutes les personnes qui, à la Compagnie Française des Pétroles, ont toujours facilité la mise au point pratique de mon travail, et notamment M. C. Bernet-Rollande, H. Gerbal et S. Marchand.

Le présent ouvrage doit également beaucoup aux personnes qui ont bien voulu se charger de la lecture et de la critique du manuscrit proposé.

Enfin, je ne peux oublier le soutien constant et le concours direct apportés par ma femme Élisabeth et mes enfants Yann et Isabelle, souvent amenés à arpenter le terrain en ma compagnie ou au contraire à supporter des absences prolongées. Ils trouveront ici tout le témoignage de ma gratitude.

Source : MNHN, Paris

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAMS, G. G., 1976. — Larger Foraminifera and the late Cenozoic history of the Mediterranean région. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **20** : 47-66.

ADDADI, C., DELTEIL, J., FENET, B., GUARDIA, P., MAGNE, J. & POLVECHE, J., 1968. — Âge de la mise en place des nappes dans le Tell méridional (Algérie). *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **267** : 557-560.

ADDICOTT, W. O., SNAVELY, Jr P. D. & POORE, R. Z., 1977. — The marine Neogene sequence of the Campo de Dalias and the Campo de Nijar, Almeria Province, Spain. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Résumés 3 p.

ADDICOTT, W. O., SNAVELY, Jr P. D., BUKRY, D. & POORE, R. Z. — Neogene stratigraphy and paleontology of southern Almeria Province, Spain : an overview. *U. S. Geol. Survey Bull.*, **1454** : 49 p.

ADDICOTT, W. O., SNAVELY, Jr P. D., POORE, R. Z. & BUKRY, D., 1979. — La secuencia Neógena de los Campos de Dalias y de Nijar (Almeria). *Estudios geol.*, **35** : 609-631.

ADEY, W. H., 1978. — Coral reef morphogenesis : a multidimensional model. *Science*, 4370 : 831-837.

AIT BRAHIM, L., 1986. — Tectonique messinienne et pliocène quaternaire du piedmont septentrional des Kebdana (Rif oriental, Maroc). *Réunion sur les Bassins Sédimentaires Marocains, Rabat*, Résumés 1 p.

AIT BRAHIM, L. & CHOTIN, P., 1984. — Mise en évidence d'un changement de direction de compression dans l'avant-pays rifain (Maroc) au cours du Tertiaire et du Quaternaire. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **26** (4) : 681-691.

ALLOITEAU, J., 1959. — Introduction à la séance spécialisée sur les milieux récifaux. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **1** (4) : 335-336.

ALVAREZ, G., BUSQUETS, P., PERMANYER, A. & VILAPLANA, M., 1977. — Growth dynamic and stratigraphy of Sant-Pau d'Ordal miocene patch-reef (prov. of Barcelona, Catalonia). *Mém. B.R.G.M.* 89 : 367-377.

AMEUR, R., 1979. — biochronologie des formations continentales du Néogène et du Quaternaire de l'Oranie. Contribution des micromammifères. *Thèse 3e Cycle, Oran* : 77 p.

AMSTRONG, A. K., SNAVELY, Jr P. D. & ADDICOTT, W. O., 1977. — Porosity in late Miocene reefs, southern Spain. *A.A.P.G. Bull.*, **61** (5) : 761-762.

AMSTRONG, A. K., SNAVELY, Jr P. D. & ADDICOTT, W. O., 1980. — Porosity evolution of upper Miocene reefs, Almeria Province, southern Spain. *A.A.P.G. Bull.*, **64** (2) : 188-208.

ANDERSON, R. V., 1936. — Geology in the coastal Atlas of western Algeria. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 4 : 450 p.

ANDRIES, D., 1987. — Le volcanisme alcalin néogène d'Oujda (Maroc oriental) marqueur et témoin d'événements tectoniques récents. *112e Congr. natl. Soc. sav., Lyon 1987*, Colloque Géologie africaine : 91-100.

ANGELIER, J., 1975. — Sur l'analyse des phases superposées de la tectonique cassante : la néotectonique et les failles du massif de l'Ida (Crète). *Ann. Soc. géol. Nord*, 95 (3) : 183-200.

ANTONIUS, A., 1981a. — Coral reef pathology : a review. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, **2** : 3-6.

ANTONIUS, A., 1981b. — The " band " diseases in coral reefs. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, **2** : 7-14.

ANTUNES, M. T. & CHEVALIER, J. P., 1971. — Notes sur la géologie et la paléontologie du Miocène de Lisbonne. VII. Observations complémentaires sur les Madréporaires et les faciès récifaux. *Rev. Fac. Cienc. Lisboa*, (2), C, **16** (2) : 291-306.

ARAMBOURG, C., 1927. — Les poissons fossiles d'Oran. *Mat. Carte géol. Algérie, Paléont.*, **6** : 291 p.

ARAMBOURG, C., 1965. — Considérations nouvelles au sujet de la faune ichtyologique paléoméditerranéenne. *Senckenb. leth.*, **46 a** : 13-17.

ARAMBOURG, G. & MONTENAT, C., 1968. — Le gisement de Poissons fossiles du Miocène supérieur de Columbares (Province de Murcia, Espagne). *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **266** : 1649-1651.

ARIAS, C., BIGAZZI, G., BONAOONNA, F. P., MORLOTTI, E., BROZOLO, F. R., RIO, D., TORELLI, L., BRIGATTI, M. F., GIULIANI, O. & TRELLI, G., 1976. — Chronostratigraphy of the Izarôrene section in the Melilla Basin (Northeastern Morocco). *Boll. Soc. Geol. It.*, **95** (6) : 1681-1694.

ARRONDEAU, J. P. & SAINT MARTIN, J. P., 1985. — Les corps récifaux miocènes des environs d'Oujda, des questions stratigraphiques et/ou paléogéographiques. *Réunion sur les Bassins Sédimentaires Marocains, Fès*, Résumés 1 p.

ARUTA, L. & BUCCHERI, G., 1976. — Biostratigraphy and palaeoecology of the early Messinian carbonates (Baucina Fm) in western Sicily. *Mem. Soc. Geol. It.*, **16** : 141-152.

AZEMA, J., FERNEX, F., HOTTINGER, L., MAGNE, J. & PAQUET, J., 1968. — *Borelis melo* (Fichtel et Moll.) dans le Miocène de la partie orientale des Cordillères bétiques (Espagne). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **10** : 444-448.

BABLET, J. P. & CAYET, O., 1972. — Le monde vivant des atolls-Polynésie Française, Tuamotu, Gambier. *Publications de la Société des Océanistes, Musée de l'Homme, Paris*, **28**, 48 p.

BALUK, W. & RADWANSKI, A., 1967. — Miocene Cirripeds domiciled in Corals. *Acta palaeontologica polonica*, **12** (4) : 457-521.

BALUK, W. & RADWANSKI, A., 1977. — Organic communities and facies development of the Korytnica basin (Middle

Source : MNHN, Paris

Miocene ; Holy Cross Mountains, Central Poland). *Acta geologica polonica*, **27** (2) : 85-123.

BALUK, W. & RADWANSKI, A. (1979). — Additional data on the organic communities and facies development of the Korytnica basin (Middle Miocene ; Hly Cross Mountains, Central Poland). *Acta geologica polonica*, **29** (3) : 225-238.

BALUK, W. & RADWANSKI, A., 1984a. — New data on the Korytnica Basin, its organic communities and ecological relationships betwen species (Middle Miocene ; Holy Cross Mountains, Central poland). *Acta geologica polonica*, **34** (3-4) : 179-194.

BALUK, W. & RADWANSKI, A., 1984b. — Creusioid Cirripeds from the Korytnica Clays (Middle Miocene ; Holy Cross Mountains, Central Poland). *Acta geologica polonica*, **34** (3-4) : 271-279.

BANDY, O. L., 1973. — Chronology and palcoenvironnemental trends, late Miocene-early Pliocene, western Mediterranean. *In* DROOGER, C. W. Ed., " Messinian events in the Mediterranean ", *Kon. ned. Akad. Wetensch.* : 21-25.

BANDY, O. L., 1975. — Messinian evaporite deposition and the Miocene/Pliocene boundary, Pasquasia-Capodarso sections, Sicily. *In* " Late Neogene Epoch boundaries ", *Micropaleontology Sp. Publ.*, **1** : 49-63.

BARATHON, J. J., 1980. — Sédimentation néogène, formes et dépôts quaternaires et néotectoniques du Piémont NE des Kebdana (Maroc du NE). *Géologie Méditerranéenne*, **7** (4) : 299-306.

BARBIERI, F. MORATTI, M., RIO, D. & TORELLI, L., 1974. — Dati prelimini sul neogene marino dell'Algeria nord-occidentale (bacino dello Chelif) e del Marocco nord-orientale (area di Melilla). *Ateneo Parmense, acta nat.*, **10** : 369-380.

BARBIERI, F., MORLOTTI, E., PALMIERI, G., RIO, D. & TORELLI, L., 1976. — Biostratigraphy of the Izarôrene section in the Melilla Basin (NE Morocco). *VII African Micropaleontological Colloqium ILE-IFE, Nigeria*, 31 p.

BARCZYK, W. & POPIEL-BARCZYK, A., 1977. — Brachiopods from the Korytnica basin (Middle Miocene ; Holy Cross Mountains, Poland). *Acta geologica polonica*, **27** (2) : 157-167.

BARNES, D. J., 1973. — Growth in colonial Scleractinians. *Bull. Marine Sc.*, **23** (2) : 280-298.

BARON, A. & GONZALEZ, C., 1985. — Correlation and geometry of the Messinian facies on the oriental edge of the plain of Palma (Island of Mallorca). *6th European Regional Meeting of Sedimentology I.A.S., Leida 1985*, Abstracts : 508-511.

BAROZ, F. & BIZON, G., 1977. — La couverture tertiaire du flanc nord du massif du Troodos et de la partie méridionale de la Mesaoria : étude stratigraphique et micropaléontologique. *Revue I.F.P.*, **32** (5) : 719-751.

BARRON, J. A., 1986. — Paleoceanographic and tectonic controls on deposition of the Monterey formation and related siliceous rocks in California. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **53** (1) : 27-45.

BARTHEL, K. W., 1981. — *Lithophaga obesa* (Philippi) reef-dwelling and cementing pelecypod. A survey of its boring. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, **2** : 649-659.

BASSON, P. W., BURCHARD, J. E. JR, HARDY, J. T. & PRICE, A. R. G., 1977. — Biotopes of the western Arabian Gulf. *Arameo Depart. of Less Prevention and Environmental Affairs Publ.*, Dhahran, Daudi Arabia, 284 p.

BATTISTINI, R. *et alii*, 1975. — Éléments de terminologie récifale indo-pacifique. *Téthys*, **7** (1) : 1-111.

BAUDRIMONT, R. & DEGIOVANNI, G., 1974a. — Interprétation paléoécologique des Diatomites du Miocène supérieur de l'Algérie occidentale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **279** : 1337-1340.

BAUDRIMONT, R. & DEGIOVANNI, C., 1974b. — Les diatomées marines du Miocène supérieur de l'Oranais (Algérie) et leur contexte géologique. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord Alger*, **65** : 35-66.

BAYLE, & VILLE, L., 1854. — Notice géologique sur les provinces d'Oran et d'Alger. *Bull. Soc. géol. France*, (2), **11** : 499-517.

BELLON, H., GUARDIA, P. & MAGNE, J., 1984. — Les associations volcaniques du Miocène supérieur de la région oranaise (Algérie occidentale). *Géologie Méditerranéenne*, **11** (3) : 255-264.

BENDA, L., VAN DER ZWAAN, G. J. & MEULENKAMP, J. E., 1985. — Origin an distribution of Late Cenozoic diatomites. *7e Congr. Néogène Méditerranéen, Budapest*, Résumés p. 96-97.

BENMOUSSA, A., 1982. — Les faunes d'Invertébrés (notamment les Mollusques et les Brachiopodes) du Messinien de Melilla (Maroc Septentrional). *Thèse 3e Cycle, Paris XI-Orsay*, 196 p.

BENMOUSSA, A., DEMARCQ, G. & LAURIAT-RAGE, A., 1987. — Pectinidés messiniens du bassin de Melilla (NE Maroc) : comparaisons inter-régionales et intérêts paléo-biologiques. *Revue de Paléobiologie*, **6** (1) : 111-129.

BERGGREN, W. A., KENT, D. V. & VAN COUVERING, J. A., 1985. — Neogene geochronology and chronostratigraphy. *Geol. Soc. Mem.*, **10** : 211-260.

BERNET-ROLLANDE, M. C. & JACQUET, O., 1981. — Un cas du rôle de l'argilocinèse sur la sédimentation, l'exemple du Miocène d'Elche. *Journée A.S.F.*, « Halocinèse et sédimentation », Résumés 1 p.

BERNET-ROLLANDE, M. C. & MAURIN, A., 1980. — *Porites* reef *versus* stromatolites at Santa Pola, Spain : a Miocene sedimentological puzzle. *26e Congr. Géol. Intern. Paris*, p. 435.

BESSEDIK, M., 1981. — Une mangrove a *Avicennia* en Méditerranée occidentale du Miocène inférieur et moyen. Implications paléogéographiques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 2, 293 : 469-472.

BESSEDIK, M., 1984. — The Early Aquitanian and Upper Langhian-Lower Serravalian environments in the Northwestern Mediterranean region. *Paléobiologie continentale, Montpellier*, **14** : 153-179.

BESSEDIK, M., AGUILAR, J. P., CAPPETTA, H. & MICHAUX, J., 1984. — Le climat du Néogène dans le sud de la France (Provence, Languedoc, Roussillon) d'après l'analyse des faunes (Rongeurs, Sélaciens) et des flores polliniques. *Paléobiologie continentale, Montpellier*, **14** (2) : 181-190.

BESSEDIK, M. & CABRERA, L., 1985. — Le couple récif-mangrove à Sant Pau d'Ordal (Vallés Penedes, Espagne), témoin du maximum transgressif en Méditerranée nord-occidentale (Burdigalien supérieur-Langhien inférieur). *Newsl. Stratigr.*, **14** (1) : 20-35.

Source : MNHN, Paris

BESSEDIK, M., GUINET, P. & SUC, J. P., 1984. — Données paléofloristiques en Méditerranée nord-occidentale. *Revue de Paléobiologie*, Vol. spécial : 25-31.

BÉZES, C., KNITHAKIS, E. & MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1983. — Renseignements stratigraphiques et paléoécologiques du Tortonien supérieur de la colline Catharo (Lassithi, Crète orientale). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **28** (4) : 211-214.

BIGNOT, G., 1981. — Les diatomites et leurs nanofaciès. *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, **68** (1) : 11-33.

BIGNOT, G. & GUERNET, C., 1976. — Sur la présence de *Borelis curdica* (Reichel) dans le Miocène de l'île de Kos (Grèce). *Géologie Méditerranéenne*, **3** (1) : 15-26.

BINET, D., 1983a. — Phytoplancton et production primaire des régions côtières à upwellings saisonniers dans le golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, **18** (2) : 331-355.

BINET, D., 1983b. — Zooplancton des régions côtières à upwellings saisonniers du golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, **18** (2) : 357-380.

BIRD, E. C. F., 1969. — Coasts. M. I. T. *Press, Massachusets*, 246 p.

BISMUTH, H., 1976. — Some data on the upper Miocene in the gulf of Gabes (Tunisia). *Messinian Seminar 2 Gargnano*, Résumés 1 p.

BISMUTH, H., 1984. — Les unités lithostratigraphiques du Miocène en Tunisie orientale. *Journées sur les Nomenclatures et classifications stratigraphiques en Tunisie, Tunisie*, Résumés 3 p.

BIZON, G. & BIZON, J. J., 1976. — Modalités du passage Miocène-Pliocène en Méditerranée. Réflexions sur le Messinien. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **20** : 43-46.

BIZON, G., BIZON, J. J., BOURROUILH, R. & MASSA, D., 1973. — Présence aux îles Baléares (Méditerranée occidentale) de sédiments « messiniens » déposés dans une mer ouverte à salinité normale. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **277** : 985-988.

BIZON, G. BIZON, J. J. & MONTENAT, C., 1972a. — Le Miocène terminal dans le levant espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia). *Revue I.F.P.*, **27** (6) : 831-857.

BIZON, G., BIZON, J. J. & MONTENAT, C., 1972b. — Le Miocène terminal dans le levant espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia). *Mém. B.R.G.M.*, n° 78 : 587-588.

BIZON, G., BIZON, J. J. & MONTENAT, C., 1975. — Définition biostratigraphique du Messinien. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **281** : 359-362.

BIZON, G., BIZON, J. J., MONTENAT, C. & de RENEVILLE, P., 1975. — Exemple de continuité marine mio-pliocène en Méditerranée occidentale : le bassin de Vera (Cordillères bétiques, Espagne méridionale). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **23** (4a) : 63-67.

BIZON, G., BIZON, J. J. & MULLER, C., 1978. — Données tirées de l'étude des Foraminifères et des nannofossiles du Messinien en affleurement et dans le domaine marin. *Bull. Mus. nain. Hist. nat. Paris*, (3), **518**, Sc. de la Terre, 70 : 123-135.

BIZON, G. & MULLER, G., 1977. — Remarks on some biostratigraphic problems in the Mediterranean Neogene. *In* " International symposium on the structural history of the Mediterranean basins ", Split, *Technip, Paris*, 3 : 81-390.

BIZON, G. & MULLER, C., 1979. — Report of the working group on Micropaleontology. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., **3** : 1335-1364.

BIZON, G., MULLER, C. & VERGNAUD, GRAZZINI, C., 1979. — Paleoenvironmental conditions during the deposition of late Miocene diatomaceous sediments in Morocco and Cyprus. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., **1** : 113-128.

BLANC, J. J., 1982. — Sédimentation des marges continentales actuelles et anciennes. *Masson Éd.*, Paris, 159 p.

BLEICHER, M., 1874. — Recherches sur l'origine des éléments lithologiques des terrains tertiaires et quaternaires des environs d'Oran. *Rev. Sc. Nat. Montpellier*, **3** : 61-76.

BLEICHER, M., 1875a. — Notes sur la géologie des environs d'Oran. *Bull. Soc. géol. France*, (3), **3** : 187-195.

BLEICHER, M., 1875b. — Note sur les gisements de Polypiers des terrains tertiaires moyen et supérieur des provinces d'Oran et d'Alger. *Bull. Soc. géol. France*, (3), **3** : 284-287.

BLOOM, A. L., 1974. — Geomorphology of reef complexes. *In* LAPORTE L. F., " Reefs in time and space ", *SEPM*, Spl. Publ. 18 : 1-8.

BOCQUET, G., 1980. — Crise de salinité messinienne et floristique méditerranéenne. *Naturalia Monspeliensia*, h. s. : 21-31.

BOCQUET, G., WIDLER, B. & KIEFER, H., 1978. — The Messinian model. A new outlook for the floristics and systematics of the Mediterranean area. *Candollea*, **33** (2) : 269-287.

BOLZE, J., BUROLLET, P. F. & CASTANY, G., 1952. — Le sillon tunisien. *19e Congr. géol. internat., monogr. région. (Tunisie)*, 5, 112 p.

BONEM, R. M., 1977. — Comparison of cavities and cryptic biota in modern reefs those developed in Lower Pennsylvanian (Morrowan) biohems. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*, 1, Biology : 75-80.

BOSENCE, W. J. & PEDLEY, H. M., 1979. — Palaeoecology of a Miocene coralline algal bioherm, Malta. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, **3** (2) : 463-470.

BOSENCE, W. J. & PEDLEY, H. M., 1982. — Sedimentology and palaeoecology of a Miocene coralline algal biostrome from the Maltese Islands. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **38** (1) : 9-43.

BOSENCE, D. W. J., ROWLANDS, R. J. & QUINE, M. L., 1985. — Sedimentology and budget of a recent carbonate mound, Florida Keys. *Sedimentology*, **32** : 317-343.

BOSSIO, A., ESTEBAN, M., GIANNELLI, L., LONGINELLI, A., MAZZANTI, R., MAZZEI, R., RICCI-LUCCHI, F. & SALVATORINI, G., 1978. — Some aspects of the upper Miocene in Tuscany. *Messinian Seminar 4, Roma*, Guidebook, 88 p.

BOSSIO, A., BRADLEY, F., ESTEBAN, M., GIANNELLI, L., LANDINI, W., MAZZANTI, R., MAZZEI, R. & SALVATORINI, G., 1981. — Alcuni aspetti del Miocene superiore del Bacino del Fine. *9 Convegno della Societa Paleontologica Italiana* : 21-54.

BOUCHON, C., JAUBERT, J., MONTAGGIONI, L. & PICHON, M., 1981. — Morphology and evolution of the Jordanian coast of the Gulf of Aqaba (Red Sea). *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, **1** : 559-565.

Source : MNHN, Paris

BOULAINE, A. & PERRODON, A., 1957. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Saint Denis du Sig 182, 2e éd.

BOURCART, J., 1932a. — Les sédiments du type du Schlier au Maroc. Essai de reconstitution paléogéographique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **195** : 710-712.

BOURCART, J., 1932b. — Les dépôts du second cycle miocène du Maroc occidental. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **195** : 736-738.

BOURROUILH, R., 1973. — Stratigraphie, sédimentologie et tectonique de l'Ile de Minorque et du N.-E. de Majorque (Baléares). La terminaison N. orientale des Cordillères Bétiques en Méditerranée occidentale. *Thèse Sciences, Paris VI*, 822 p.

BOURROUILH, R., CHEVALIER, J. P. & MONGIN, D., 1972. — Données sédimentologiques et paléontologiques sur le Vindobonien du Nord de Minorque (Baléares). *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **275** : 1955-1958.

BOURROUILH-LE JAN, F., 1979. — Les plates-formes carbonatées de haute énergie à rhodolites et la crise climatique du passage mio-pliocène dans le domaine pacifique. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, **3** (2) : 489-495.

BRAITHWAITE, C. J. R., 1971. — Seychelles reefs : structure and development. *Symp. zool. Soc. Lond.*, **28** : 39-69.

BRAITHWAITE, C. J. R., 1973. — Reefs : just a problem of semantics ? *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, **57** (6) : 1100-1116.

BRAITHWAITE, C. J. R., 1982. — Patterns of accretion of reefs in the sudanese Red Sea. *Marine Geology*, **45** : 297-325.

BREBION, P., 1981. — Paléobiogéographie des Gastéropodes néogènes et quaternaires dans le domaine occidental de l'Ancien Continent. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, (3), Section C, **2** : 205-208.

BREBION, P., CHEVALIER, J. P., COLOM, G., LECOINTRE, G. & RANGHEARD, Y., 1968. — Sur le Tortonien de Formentera et d'Ibiza (Baléares, Espagne). *C. R. Somm. Soc. géol. France*, **5** : 152-153.

BRIEND, M., 1981. — Évolution morpho-tectonique du bassin néogène de Huercal Overa (Cordillères bétiques orientales, Espagne). *Doc. et Trav. I.G.A.L. Paris*, **4**, 208 p.

BRIVES, A., 1897. — Les terrains tertiaires du Bassin du Chélif et du Dahra. *Fontana Alger*, 136 p.

BRONGERSMA-SANDERS, M., 1971. — Origin of major cyclicity of evaporites and bituminous sediments : an actualistic model. *Marine Geology*, **11** : 123-144.

BUCHBINDER, B., 1977a. — Systematics and paleoenvironments of the calcareus algae from the Miocene (Tortonian) Tziqlag Formation, Israel. *Micropaleontology*, **23** (4) : 15-435.

BUCHBINDER, B., 1977b. — Different responses to diagenesis of various coral groups in the Miocene Ziqllag Formation, Israel. *Mém. B.R.G.M.*, **89** : 26-32.

BUROLLET, P. F., 1951. — Étude géologique des bassins miopliocènes du Nord-Est de la Tunisie. *Annales des Mines et de la Géologie, Tunis*, **7**, 94 p.

BUSSON, G., 1979. — Le « Géant salifère » messinien du domaine méditerranéen : interprétation génétique et implications paléogéographiques. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., **1** : 227-238.

BUSSON, G. & MAGNE, J., 1955. — Extension du Miocène supérieur du Nord du Bassin du Chélif (Algérie occidentale). *C. R. som. Soc. géol. France*, 7-8 : 143-145.

CAILLEUX, A., 1951. — Récifs coralliens et paléoclimats. *C. R. Som. Séances Soc. Biogéogr.*, **239** : 21-23.

CAIRE, E., CHOUBERT, G., FAURE-MURET, A., HILALI, EL ARBI & HOUZAY, J. P., 1974. — La néotectonique du bassin de Boudinar, Rif oriental, Maroc. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **279** : 1995-1998.

CALVERT, S. E., 1965. — Origin of diatom-rich varve sediments from the Gulf of California. *Journ. of Geology*, **74** (5) : 546-565.

CANDEL-VILA, R., 1930. — Notes sur le Néogène de la presqu'île de Tres Forcas (Trois-Fourches). *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord, Alger*, **21** : 129-131.

CANTERA, J. R., 1983. — Distribution des peuplements de Sclératiniaires sur un récif frangeant de l'Ile de Gorgona (côte Pacifique de Colombie). *Téthys*, **11** (1) : 25-31.

CARBONEL, P., PEYPOUQUET, J. P. & CIRAC, P., 1981. — Les Ostracodes et l'évolution de la partie occidentale du sillon sud-rifain à la fin du Néogène. *Cahiers de micropaléontologie*, **3** : 71-80.

CARRIÈRE, G., 1889. — Études stratigraphiques concernant le département d'Oran. *AFAS*, 18e Session : 390-403.

CATALANO, R. & ESTEBAN, M., 1978. — Messinian reefs of western and central Sicily. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Résumés 2 p.

CAULET, J. P., 1979. — Report of the working group on micropaleontology. — Radiolaria. *Ann. Géol. Pays Hellèn.*, tome h. s., **3** : 1352.

CEBULSKI, D. E., 1969. — Foraminiferal populations and faunas in barrier-reef tract and lagoon, British Honduras. *Am. Assoc. Petr. Geol. Mem.* 11 : 311-328.

CHAIX, C., 1982. — Contribution à l'étude des Sclératiniaires du Miocène d'Oranie (Algérie). Le récif du Douar Ouled Sidi Bou Azza. *9e R.A.S.T.*, Paris, p. 127.

CHAIX, C., MOISSETTE, P. & SAINT MARTIN, J. P., 1986. — Réflexions sur les Biocénoses/Taphocénoses en milieu récifal (Messinien d'Algérie). *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, **8**, C, n° 2 : 219-230.

CHAIX, C. & SAINT MARTIN, J. P., 1980a. — Exemple de paléoenvironnement récifal au Miocène supérieur : le bioherme de Sidi Bou Azza (Région d'Ain Temouchent, Algérie). *8e R.A.S.T.*, Marseille, p. 89.

CHAIX, C. & SAINT MARTIN, J. P., 1980b. — La diagenèse dans un récif du Miocène supérieur : un exemple en Oranie (Algérie). *Cristallisation, Déformation, Dissolution des Carbonates, Bordeaux III 1980* : 111-120.

CHAIX, C. & SAINT MARTIN, J. P., 1984. — Apport de la répartition des Madrèporaires à l'étude de l'évolution des paléoenvironnements au Messinien en Oranie. *10e R.A.S.T.*, Bordeaux, p. 128.

CHAMLEY, H. & ROBERT, C., 1980. — Sédimentation argileuse au Tertiaire supérieur dans le domaine méditerranéen. *Géologie Méditerranéenne*, **7** (1) : 25-34.

CHAPELLE, G. de la, 1988. — Le bassin néogène de Nijar-Carboneras (Sud-Est de l'Espagne) : les relations entre la sédimentologie et les étapes de la structuration. *Diplôme de Doctorat, Lyon 1*, 240 p.

CHARLOT, R., CHOUBERT, G., FAURE-MURET, A., HOTTINGER, L., MARÇAIS, J. & TISSERANT, D., 1967. — Note au sujet de l'âge isotopique de la limite Miocène-Pliocène au Maroc. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **264** : 222-224.

Source : MNHN, Paris

CHARRIÈRE, A., 1984. — Évolution néogène de bassins continentaux et marins dans le Moyen Atlas central (Maroc). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **26** (6) : 1127-1136.

CHARRIÈRE, A. & WERNLI, R., 1982. — Le cycle Miocène supérieur dans le Moyen Atlas au Sud de Fès (Maroc). *2e Conférence Scientifique PIGC—UNESCO 183*, Rabat, Résumés **1** p.

CHARRIÈRE, A. & WERNLI, R., 1984. — Le cycle Miocène supérieur dans le Moyen Atlas, au Sud de Fès. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, Numéro spécial PICG **183** : 43-47.

CHAVAN, A., 1952. — Analyse par niveaux et liste générale de la faune sahélienne de Dar bel Hamri. *Notes Serv. géol. Maroc*, **6**, Notes et mémoires n° 95 : 67-84.

CHAVEZ, E. A., HIDALGO, É. & IZAGUIRE, M. A., 1985. — A comparative analysis Yucatan coral reefs. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **6** : 355-361.

CHEVALIER, J. P., 1957. — Les formations récifales miocènes de la Catalogne Espagnole. *Bull. Soc. géol. France*, (6), **7** (1-3) : 239-245.

CHEVALIER, J. P., 1958. — Aperçu sur les formations coralliennes du Miocène français. *C. R. des Congr. des Soc. Savantes de Paris et des départements*, Sect. sciences, sous Sect. Géol., Colloque sur le Miocène : 111-121.

CHEVALIER, J. P., 1959. — Quelques considérations sur la vie récifale au Miocène dans le bassin méditerranéen. *Bull. Soc. géol. de France*, (7), **1** : 369-374.

CHEVALIER, J. P., 1961. — Recherches sur les Madréporaires et les formations récifales miocènes de la Méditerranée occidentale. *Mém. Soc. géol. France* n. s., **40**, 93, 562 p.

CHEVALIER, J. P., 1962. — Les Madréporaires miocènes du Maroc. *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 173, 74 p.

CHEVALIER, J. P., 1964. — Contribution à l'étude des Madréporaires néogènes du Portugal et des Açores. *Com. Serv. Géol. Portugal*, **48** : 109-139.

CHEVALIER, J. P., 1973a. — Geomorphology and geology of coral reef in French Polynesia. *In* JONES O. A. & ENDEAN E., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London*, 1-Geology : 113-141.

CHEVALIER, J. P., 1973b. — Coral reefs of New Caledonia. *In* JONES O. A. & ENDEAN R., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London*, 1-Geology : 143-167.

CHEVALIER, J. P., 1974a. — Aperçu sur les Sclèractiniaires des îles Gambier. *Cahiers du Pacifique*, **18**, 2 : 615-627.

CHEVALIER, J. P., 1974b. — Évolution de la faune corallienne récifale depuis le Miocène jusqu'à l'époque actuelle. *2e R.A.S.T.*, Nancy, **1** p.

CHEVALIER, J. P., 1977. — Aperçu sur la faune corallienne récifale du Néogène. *Mém. B.R.G.M.*, 89 : 359-366.

CHEVALIER, J. P., 1978a. — Les Coraux des Iles Marquises. *Cahiers du Pacifique*, **21** : 247-283.

CHEVALIER, J. P., 1978b. — Les récifs coralliens. *Revue du Palais de la Découverte*, **6** (56) : 16-32.

CHEVALIER, J. P., 1979. — La faune corallienne (Scléractiniaires et Hydrocoralliaires de la Polynésie française). *Cahiers de l'Indo-Pacifique*, **1** (2) : 129-151.

CHEVALIER, J. P. & MASSE, J. P., 1980. — Aperçu sur les formations récifales en France. *Géobios*, Mém. spécial 4 : 7-16.

CHEVALIER, J. P. & NASCIMENTO, A., 1975. — Notes sur la géologie et la paléontologie du Miocène de Lisbonne. XVI. Contribution à la connaissance des Madréporaires et des faciès récifaux du Miocène inférieur. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **14** (3) : 247-281.

CHOTIN, P. & AIT BRAHIM, L., 1988. — Transpression et magmatisme au Néogène-Quaternaire dans le Maroc oriental. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **306**, sér. 2 : 1479-1485.

CHOUBERT, G., 1945. — Note préliminaire sur le Pontien du Maroc (Essai de synthèse orogénique du maroc Atlasique). *Bull. Soc. géol. France*, **15** : 677-764.

CHOUBERT, G., 1962. — Introduction stratigraphique. *In* CHEVALIER J. P., « Les Madréporaires miocènes du Maroc », *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 173 : 7-15.

CHOUBERT, G., CHARLOT, R., FAURE-MURET, A., HOTTINGER, L., MARÇAIS, J., TISSERANT, D. & VIDAL, P., 1968. — Note préliminaire sur le volcanisme messinien-« pontien » au Maroc. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **266** : 197-199.

CHOUBERT, G., FAURE-MURET, A., HOTTINGER, L. & LECOINTRE, G., 1966. — Le Néogène du bassin de Melilla (Maroc septentrional) et sa signification pour définir la limite mio-pliocène. *Proc. Congr. Int. Neogene Med., 3rd Sess., Berne* : 238-249.

CHOUBERT, G., HOTTINGER, L., MARÇAIS, J. & SUTER, G., 1964. — Stratigraphie et micropaléontologie du Néogène au Maroc septentrional. *Instituto « Lucas Mallada », C.S.I.C. (España)*, Cursillos y Conferencias, 9 : 229-257.

CIRAC, P., 1987. — Le bassin Sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Évolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement. *Thèse Sciences, Bordeaux, Mémoires de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*, 21, 287 p.

CIRAC, P. & PEYPOUQUET, J. P., 1983. — Paléoenvironnements néogènes dans les bassins océaniques ibéro-marocains. Relations paléohydrologiques Méditerranée-Atlantique. *Oceanologica Acta*, **6** (2) : 147-156.

CISZAK, R. & GONORD, H., 1976. — Remarques sur un ensemble récifal miocène supérieur de l'Oranie occidentale. *2e Séminaire. National des Sc. de la Terre, Alger*, Résumés 2 p.

CITA, M. B., MAZZOLA, G. & PREMOLI SILVA, I., 1968. — Sur l'âge de la mise en place des nappes telliennes dans la région des Beni Chougrane (Algérie). *Instituto Lombardo (Rend. Sc.)*, **A 102** : 166-170.

CLAUSADE, M., GRAVIER, N., PICARD, J., PICHON, M., ROMAN, M. L., THOMASSIN, B., VASSEUR, P., VIVIEN, M. & WEYDERT, P., 1971. — Morphologie des récifs coralliens de la région de Tulear (Madagascar) : éléments de terminologie récifale. *Téthys*, Suppl. 2, 74 p.

CLARK, A. M., 1976. — Echinoderms of coral reefs. *In* JONES O. A. & ENDEAN R., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London*, 2-Biology, 2 : 95-123.

CLOUD, JR P. E., 1952. — Facies relationship of organic reefs. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, **36** (11) : 2125-2149.

COLETTA, B. & RAMPNOUX, J. P., 1975. — Esquisse structurale du sud du bassin de Guercif, Maroc. *Annales du Centre Univ. de Savoie*, Sciences Nat., 2 : 147-157.

COLGAN, M. W., 1985. — Growth-rate reduction and modification of a coral colony by a Vermetid Mollusc

Source : MNHN, Paris

Dendroma maxima. Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti, 6 : 205-210.

COLIN, P. L., 1978. — Caribbean reef invertebrates and plants. *THF Publ., Neptune City*, 512 p.

COLO, G. & MORIN, P., 1952. — Sur l'extension du Miocène au Sud et à l'Ouest de Taza. *Notes Serv. gèol. Maroc*, 6, Notes et mémoires 95 : 27-32.

CONNEL, J. H., 1973. — Population ecology of reef-building corals. *In* JONES O. A. & ENDEAN R., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London*, 2-Biology, 1 : 205-245.

COPE, M., 1981. — Interspecific coral interactions in Hong Kong. *Proc. 4th Intern. Coral. Reef Symp., Manila*, **2** : 357-362.

CORNET, A., 1952. — Les barrages de l'Oued el Hammam (Perregaux et Bou Hanifia). *19e Congr. gèol. internat., Alger, « La Géologie et les problèmes de l'eau en Algérie »*, 1 : 94-124.

COTTER, C. H., 1965. — Corals and coral reefs. *In* COTTER C. H., " The physical geography of the Oceans ", *Hollis & Carter* : 154-169.

CRAME, J. A., 1980. — Succession and diversity in the Pleistocene coral reefs of the Kenya coast. *Palaeontology*, **23** (1) : 1-37.

CRAME, J. A., 1981. — Ecological stratification in the Pleistocene coral reefs of the Kenya coast. *Palaeontology*, **24** (3) : 609-646.

CUFFEY, R. J., 1972. — The roles of Bryozoans in modern coral reefs. *Geologische Rundschau*, **61** (2) : 552-550.

CUFFEY, R. J., 1977. — Bryozoan contributions to reefs and bioherms throug geologic time. *Am. Assoc. Petr. Geol., Studies in Geology*, 4 : 181-194.

CUFFEY, R. J. & FONDA, S. S., 1977. — Cryptic Bryozoan species assemblages in modern coral reefs of Andros and Eleuthera Bahamas. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*, **1**, Biology : 81-86.

CURRAY, J. R. & MOORE, D. G., 1982. — Introduction to the Guaymas slope and laminated diatomite symposium. *In* CURRAY J. R., MOORE D. G. & al., " Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project ", **LXIV** (2) : 1179-1181.

DABRIO, C. J., 1974. — Los niveles arrecifales del Neogeno de Purchena (S.E. Cordilleras Beticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **5**, p. 79-88.

DABRIO, C. J., 1975. — La sedimentaciòn arrecifal neógena en la region del rio Almanzora. *Est. Geol.*, **31** : 285-296.

DABRIO, C. J., ESTEBAN, M. & MARTIN, J. M., 1981. — The coral reef of Nijar, Messinian (uppermost Miocene), Almeria Province, S.E. Spain. *Journal of Sedimentary Petrology*, **51** (2) : 0521-0539.

DABRIO, C. J., FERNANDEZ, J., PEÑA, J. A., RUIZ BUSTOS, A. & SANZ DE GALDEANO, C., 1978. — Interprétation sédimentaire des matériaux néogènes du bord nord-est du bassin de Grenade (Espagne). *C. R. Somm. Soc. gèol. France*, 3 : 121-123.

DABRIO, C. J. & MARTIN, J. M., 1978. — Los arrecifes messinienses de Almeria (S.E. de España). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, **9** : 83-100.

DABRIO, C. J., MARTIN, J. M. & MEGIAS, A. G., 1985. — The tectonosedimentary evolution of miopliocene reefs in the Province of Almeria (S.E. Spain). *6th European regional meeting I.A.S., Excursion Guidebook*, MILA *M.D. & ROSELL J. Ed., Lleida, Spain* : 271-285.

DALLONI, M., 1915a. — Le Miocène supérieur dans l'ouest de l'Algérie ; couches à *Hipparion* de la Tafna. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **161** : 639-641.

DALLONI, M., 1915b. — Recherches sur les terrains néogènes de l'Algérie occidentale. *C. R. Somm. Soc. gèol. France*, 16 : 136-137.

DALLONI, M., 1915c. — Recherches sur la période néogène dans l'Algérie occidentale. *Bull. Soc. gèol. France*, (4), **15** : 428-457.

DALLONI, M., 1917. — Sur le Miocène supèrieur et le Pliocène de la vallée de la Tafna. *C. R. Somm. Soc. Gèol. France*, 8 : 114-115.

DALLONI, M., 1936. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Perrégaux n° 183.

DALLONI, M., 1952. — L'Atlas tellien occidental. *19e Congr. gèol. internat., monogr. règion. (Algérie)*, (1), **24**, 100 p.

DALLONI, M., 1954. — Sur les terrains supérieurs de l'Algérie et la classification du Néogène méditerranèen. *19e Congr. gèol. internat., Comptes rendus section 13*, **13** : 9-22.

DALY, R. A., 1948. — Coral reef. A review. *Amer. Journ. Sci.*, **246** (4) : 193-207.

DARDENNE, M., 1954. — Paléontologie et écologie du Miocène marocain (Région du Zegotta). *Notes Serv. gèol. Maroc*, **9**, Notes et mèmoires 121 : 31-76.

DAVADIE, C., 1963. — Étude des Balanes d'Europe et d'Afrique. *Éditions du C.N.R.S.*, Paris, 146 p.

DAVIES, P. J. & HOPLEY, D., 1985. — Reef growth in relation to sea level rise. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **2**, p. 96.

DAVIES, P. J., MARSHALL, J. F. & HOPLEY, D., 1985. — Relationships between reef growth and sea level in the Great Barrier Reef. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **3** : 95-103.

DAVIS, V. M., 1928. — The coral reef problem. *Amer. Geol. Soc.*, Sp. Publ. 9, 596 p.

DE ANDRADE NERY LEAO, Z. M., 1985. — Morphology, sedimentology and coral community of the Abrolhos reefs. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **2**, p. 100.

DELAROCHE, P., 1962. — Notes sur le gisement de fer de Beni Saf. *Publ. serv. carte gèol. Algérie*, **30** : 125-194.

DELFAUD, J., MICHAUX, M., NEURDIN, J. & REVERT, J., 1973. — Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne : évolution de la région oranaise (Algérie) au Miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord Alger*, **64** (1-2) : 219-241.

DELFAUD, J. & REVERT, J., 1974. — Observations sur le calcaire à stromatolites d'âge Miocène terminal du Djebel Murdjadjo (Oran, Algérie). *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **279** : 1979-1982.

DEL VALLE, 1917. — Estudios relativos a la geologia de Marruecos. Zona dè Melilla. *Bol. Instit. geol. y minero de España*, 42 : 159-242.

DEMARCQ, G., 1979. — Approche de l'évolution thermique au Néogène à partir des Invertébrés marins mésogéens. *Géobios*, **12** (4) : 623-627.

DEMARCQ, G., 1984. — Importance des mégafaunes marines

Source : MNHN, Paris

benthiques dans l'évolution paléothermique de la Méditerranée au Néogène. *Ann. Géol Pays Hellen.*, (1), **32** : 87-95.

DEMARCQ, G., 1985. — Paleothermic evolution during the Neogene in Mediterranea through the marine megafaunas. *7e Congr. Néogène Méditerranéen, Budapest*, Résumés : 176-178.

DEMARCQ, G., BALLESIO, R., RAGE, J. C., GUERIN, C., MEIN, P. & MEON, H., 1983. — Données paléoclimatiques du Néogène de la vallée du Rhône (France). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **42** : 247-272.

DEPERET, C. & GENTIL, L., 1917. — Sur une faune miocène supérieure marine (sahélienne) dans le R'arb (Maroc occidental). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **164** (1) : 21-25.

DERMITZAKIS, M. D. & THEODORIS, S., 1984. — Biostratigraphic survey on macrofauna and microfauna and calcareous nannoplankton from the neogene deposits of Vassiliki in east Crete. *Ann. géol. Pays Hellen.*, (1), **32** : 183-195.

DI GERONIMO, I., GRASSO, M. & PEDLEY, H. M., 1981. — Paleoenvironment and paleogeography of Miocene marls from southeast Sicily and the Maltese Islands. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **34** : 173-189.

DI STEFANO, E. & CATALANO, R., 1976. — Biostratigraphy, palaeoecology and tectonosedimentary evolution of the preevaporitic and evaporitic deposits of the Ciminna basin (Sicily). *Mem. Soc. Geol. It.*, **16** : 95-110.

DOUMERGUE, F., 1922. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Arbal.

DOUMERGUE, F., 1924. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Les Andalouses.

DOUMERGUE, F., 1931. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Lourmel-Rio Salado.

DOUMERGUE, F. & FICHEUR, E., 1908. — Notice explicative de la Carte Géologique d'Oran. *Bull. Soc. Géogr. et d'Archéol. Oran*, **28** (2), 2 p.

DOUVILLE, H., 18097. — Sur les fossiles tertiaires recueillies par M. Flick dans les environs d'Inkermann (Algérie). *Bull. Soc. géol. France*, (3), **25** : 30-31.

DOWNING, N., 1985. — Coral reef communities in an extreme environment : the northwestern Arabian Gulf. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **2**, p. 112.

DREW, E. A., 1983. — *Halimeda* biomass, growth rates and sediment generation on reefs in the central Great Barrier Reef Province. *Coral Reefs*, **2** : 101-110.

DREW, E. A. & ABEL, K. M., 1985. — Biology, sedimentology and geography of the vast inter-reefal *Halimeda* meadows within the Great Barrier Reef Province. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **5** : 15-20.

DRONKERT, H., 1976. — Late Miocene evaporites in the Sorbas basin and adjoining areas. *Mem. Soc. Geol. It.*, **16** : 341-361.

DRONKERT, H. & PAGNIER, H., 1977. — Introduction to the Mio/Pliocene of the Sorbas basin. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Excursion 2 : 1-21.

DUCASSE, O. & CIRAC, P., 1981. — La faune de Mutilus (Ostracodes : Hemicytheridae) de la région des Zemmours (Maroc septentrional) à la fin du Miocène et au Pliocène. *Géologie Méditerranéenne*, **8** (2) : 87-100.

DUNHAM, R. J., 1970. — Stratigraphic reefs *versus* ecologic reefs. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, **54** (10) : 1931-1950.

DURHAM, J. W., 1947. — Corals from the gulf of California and the North Pacific Coast of North America. *Geol. Soc. America Mem.*, 20, 68 p.

EHRMANN, F., 1912. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Saint Denis du Sig n° 182.

EL HAJJAJI, K., 1982. — Les Bryozoaires messiniens du Bassin de Melilla (Maroc septentrional). *Thèse 3e Cycle, Paris XI-Orsay*, 255 p.

EL HAJJAJI, K., 1987. — Bryozoaires nouveaux du Messinien de Melilla (Maroc Nord-Oriental). *Géobios*, **20** (5) : 687-694.

EL HAJJAJI, K., 1988. — Les Bryozoaires messiniens du bassin de Melilla (N.E. Maroc) et leur signification biostratigraphique, paléobiogéographique et paléoécologique. *Géologie Méditerranéenne*, **15** (2) : (sous presse).

ELION, P., 1983. — Étude structurale et sédimentologique du bassin néogène de Pissouri (Chypre). *Thèse 3e Cycle, Paris VI*, 235 p.

ELLOY, R., 1973. — Quelques aspects de la sédimentation récifale. *Bull. Cent. Rech. Pau-SNPA*, **7** (1) : 137-141.

EMILIANI, C., 1954. — Temperatures of Pacific bottom waters and polar superficial waters during the Tertiary. *Science*, **119** : 853-855.

ENDEAN, R., 1973. — Destruction and recovery of coral reef communities. *In* JONES O. A. & ENDEAN R., " Biology and Geology of coral reefs », *Academic Press, London*, 2-Biology, 1 : 215-252.

ENOS, P. & MOORE, C. H., 1983. — Fore-reef slope environnement. *In* SCHOLLE D. A., BEBOUT D. G. & MOORE C. H., " Carbonate depositional environnements ", *Amer. Assoc. Petr. Geol.* : 507-537.

ESTEBAN, M., 1977a. — Evaporitas y arreeifes en el registro geológico. *Ier Seminario práctico de asociaciones arrecifales evaporíticas*, Univ. Barcelona : 1-7 à 1-10.

ESTEBAN, M., 1977b. — El concepto de arrecifes : semántica ? *Ier Seminario práctico de asociaciones arrecifales evaporíticas*, Univ. Barcelona : 1-11 à 1-12.

ESTEBAN, M., 1979. — Significance of the upper Miocene reefs in the Western Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **29** : 169-188.

ESTEBAN, M., BOSSIO, A., GIANNELLI, L., MAZZANTI, R., MAZZEI, R. & SALVATORINI, G., 1978. — The Messinian reef complex (" Calcare di Rosignano ") in Tuscany. *Messinian Seminar 4, Roma*, Résumés 2 p.

ESTEBAN, M., DABRIO, C. J., BARÓN, A., GINER, J., POMAR, L. & SALAS, R., 1977. — Aberrant features of the Messinian coral reefs, Spain. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Résumés 5 p.

ESTEBAN, M., CALANDRA, D., CATALANO, R. & DI STEFANO, E., 1982. — La scogliera messiniana di Mazara del Vallo. *Ier Centenario Soc. Geol. It. Palermo 1982*, Guida a la Sicilia occidentale : 148-152.

ESTEBAN, M. & GINER, J., 1977a. — Field-Guide to Santa Pola reef. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Excursion 5 : 23-30.

ESTEBAN, M. & GINER, J., 1977b. — El arrecife de Santa Pola. *Ier Seminario práctico de asociaciones arrecifales evaporíticas*, Univ. Barcelona, 51 p.

Source : MNHN, Paris

ESTEBAN, M. & GINER, J., 1980. — Messinian coral reefs and erosion surfaces in Cabo de Gata (Almeria, S.E. Spain). *Acta geológica Hispánica*, **15** (4) : 97-104.

ESTEBAN, M. & PERMANYER, A., 1977. — El Mioceno del Penedes : los arrecifes. *Ier Seminario práctico de asociaciones arrecifales evaporiticas*, Univ. Barcelona, 30 p.

ESTEBAN, M. & PRAY, L. C., 1979. — A guidebook of the Tertiary reef carbonates and associated facies southeastern Spain and the Balearic platform. June 1979, Mallorca-Almeria-Barcelona, 73 p.

FALLOT, P., 1952. — Geologie du Maroc. Oujda à Marrakech. *19e Congr. Géol. Int., série Maroc*, **5** (1), 54 p.

FALLOT, P., DE LIZAUR, J., MARÇAIS, J. & SUTER, G., 1952. — Maroc septentrional (Chaîne du Rif). — Partie A : généralité et partie orientale de la chaîne. *19e Congr. Géol. Int., série Maroc*, **7**, 62 p.

FATTON, E. & ROGER, J., 1968. — Les organismes perforants : vue d'ensemble sur les actuels et les fossiles. *Trav. Lab. de Paléontologie, Paris XI-Orsay*, 42 p.

FAUGÈRES, J. C., 1981. — Évolution structurale d'un bassin athantico-mésogéen de la marge africaine : les rides sud-rifaines (Maroc). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **23** (3) : 229-244.

FEINBERG, H., 1978a. — Évolution paléogéographique de l'avant-pays du rif (Maroc) pendant le Miocène supérieur. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, (3), **518**, Sc. de la Terre, 70 : 149-155.

FEINBERG, H., 1978b. — Les séries tertiaires du Prérif et des dépendances post-tectoniques du Rif (Maroc). *Thèse Sciences, Travaux du Laboratoire de Géologie méditerranéenne, Toulouse*, 211 p.

FEINBERG, H. & LORENZ, H. G., 1970. — Nouvelles données stratigraphiques sur le Miocène supérieur et le Pliocène du Maroc Nord-Occidental. *Notes Serv. géol. Maroc*, **30**, 225 : 21-26.

FENET, B., 1975a. — Carte Géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Ain el Berd, n° 210.

FENET, B., 1975b. — Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain. *Thèse Sciences, Nice*, 301 p.

FENET, B., 1978. — Les calcaires récifaux « eocènes » du Dj. Moxi (Sud Oranais) sont miocènes. *C. R. Somm. Soc. géol. France*, 3 : 130-131.

FERRÉ-D'AMARE, A. R., 1985. — Coral reefs of the Mexican Atlantic : a review. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **6** : 349-354.

FEUILLÉE, P. & RAT, P., 1970. — Lignes de réflexion et de discussion : « démarches » dans l'étude et l'interprétation du « récifal » fossile. *Journées d'études en Basse Bourgogne. Association des Sédimentologistes Français*, 4 p.

FISCHER, J. C., 1980. — Le rôle des organismes dans la dissolution et la fragmentation des carbonates. *Cristallisation, Déformation, Dissolution des Carbonates, Bordeaux III*, 1980 : 121-130.

FISCHER, J. C. & SALVAT, B., 1971. — Paléoécologie et écologie des Mollusques dans les complexes récifaux coralliens. *Hahotis*, **1** (2) : 65-103.

FOCKE, J. W., 1977. — The effect of a potentially reef-building Vermetid-Coralline algal community on an eroding limestone coast, Curacao, Netherlands Antilles. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*, **1**, Biology : 239-245.

FORMAN, M. J. & SCHLANGER, S. O., 1957. — Tertiary reef and associated limestone facies from Louisiana and Guam. *Journ. of geology*, **65** (6) : 611-625.

FOURNIER, M., 1980. — Le bassin de Nijar-Carboneras (Cordillères bétiques). Néotectonique ; etude des diaclases. *Thèse 3e Cycle Paris VI*, 157 p.

FRENEIX, S., MOISSETTE, P. & SAINT MARTIN, J. P., (1987a). — Bivalves Ptériomorphes du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). *Bull. Mus. nain. Hist. nat., Paris*, **9**, (C), 1 : 3-61.

FRENEIX, S., MOISSETTE, P. & SAINT MARTIN, J. P., (1987b). — Bivalves Hétérodontes du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). *Bull. Mus. Natn. Hist. nat., Paris*, **9**, (C), 4 : 415-453.

FRENEIX, S. MOISSETTE, P. & SAINT MARTIN, J. P., (1988). — Huîtres du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale) et paléobiologie de l'ensemble de la faune de Bivalves. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, **10**, (C), 1 : 1-21.

FRIZON DE LA MOTTE, D., 1982. — Contribution à l'étude de l'évolution structurale du Rif oriental (Maroc). *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 314 : 239-309.

FROST, S. H., 1977. — Cenozoic reef systems of Caribbean. Prospects for paleoecologic synthesis. *Am. Assoc. Petr. Geol., Studies in Geology*, 4 : 93-109.

GARETT, P., SMITH, O. L., WILSON, A. O. & PATRIQUIN, D., 1971. — Physiography, ecology and sediments of two Bermuda patch reefs. *Journ. of Geology*, **79** (6) : 647-668.

GARDETTE, D., 1979. — Apport de l'étude des diatomées et des silicoflagellés à la biostratigraphie et à la reconstitution du Messinien de Méditerranée : analyse de quelques tripolis du passage mio-pliocène à Chypre, en Crète et au Maroc. *Thèse 3e Cycle Orsay*, 274 p.

GAUDANT, J., 1978. — Signification bathymétrique, paléoclimatique et paléogéographique de l'ichthyofaune marine du Miocène terminal de la Méditerranée occidentale. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, (3), **518**, Sciences de la Terre, 70 : 137-148.

GEEL, T., 1977. — Introduction to the stratigraphy of the Neogene deposits of the Lorca basin and Sierra de la Tercia (S.E. Spain). *Messinian Seminar 3, Málaga*, Excursion 4 : 1-10.

GEISTER, J., 1977. — The influence of wave exposure on the ecological zonation of Caribbean coral reefs. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*. **1**, Biology : 23-29.

GEISTER, J., 1980a. — Morphologie et distribution des Coraux dans les récifs actuels de la mer des Caraïbes. *Ann. Univ. Ferrara (Nueva srie)*, Sez. 9-Sc. Geologiche e Paleontologiche, 6 : 15-28.

GEISTER, J., 1980b. — Calm-water and rough-water of the Carribean Pleistocene. *Acta Palaeontologica Polonica*, **25** (3/4) : 541-556.

GEISTER, J., 1984. — Récifs pleistocènes de la mer des Caraïbes : aspects géologiques et paléoécologiques. *In* « Géologie et paléoécologie des récifs » GEISTER J. & HERB R Éd., Université de Berne : 3.1 à 3.34.

GENTIL, L., 1896. — Sur le bassin tertiaire de la vallée inférieure de la Tafna. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **122** : 802-804.

Source : MNHN, Paris

GENTIL, L., 1898. — Note sur l'existence du Trias gypseux dans la province d'Oran (Algérie). *Bull. Soc. geol. France*, (3), **26** : 457.

GENTIL, L., 1900. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Beni Saf n° 208.

GENTIL, L., 1903. — Étude géologique du bassin de la Tafna. *Bull. Serv. Carte géol. de l'Algérie*, (2), **4**, 425 p.

GENTIL, L., 1910a. — Principaux résultats d'une récente mission au Maroc (Été-Automne 1909). *Bull. Soc. géol. France*, (4), **10** : 304-306.

GENTIL, L., 1910b. — Aperçu géologique sur le massif des Kebdana (Maroc oriental). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **151** (18) : 781-785.

GENTIL, L., 1911a. — Sur le détroit Sud-Rifain. *C. R. Somm. Soc. géol. France*, 3 : 21-22.

GENTIL, L., 1911b. — Sur les dépôts du détroit Sud-Rifain. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **152** : 293-296.

GENTIL, L., 1911c. — Sur la formation du détroit Sud-Rifain. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **152** : 415-418.

GENTIL, L., 1912a. — Observations géologiques sur la ligne d'étapes de la colonne Moinier entre Fez et la côte atlantique (Maroc). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **154** : 89-91.

GENTIL, L., 1912b. — Observations géologiques entre Fez et la côte atlantique (Maroc). *C. R. Somm. Soc. géol. France*, 2 : 12-13.

GENTIL, L., 1916. — Sur la trouée de Taza. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **163** : 705-708.

GENTIL, L., 1917a. — Sur le Miocène supérieur marin (Sahélien) de l'Ouest Algérien. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **164** : 357-360.

GENTIL, L., 1917b. — Sur le Miocène supérieur et le Pliocène de la vallée de la Tafna. *C. R. Somm. Soc. géol. France*, 12 : 168-169.

GENTIL, L., 1917c. — Sur le Néogène de l'Algérie occidentale. *C. R. Somm. Soc. géol. France*, 5 : 65-67.

GENTIL, L., 1918a. — Un voyage géologique à Taza (Maroc septentrional). *C. R. Somm. Soc. géol. France*, 5 : 54-56.

GENTIL, L., 1918b. — Notes d'un voyage géologique à Taza (Maroc septentrional). (Contribution à l'étude du Détroit Sud-Rifain). *Bull. Soc. géol. France*, (4), **18** : 129-177.

GENTIL, L., 1918c. — Sur l'âge du détroit Sud-Rifain. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **166** : 418-420.

GENTIL, L., LUGEON, M. & JOLEAUD, L., 1918. — Sur l'âge des nappes péririfaines et sur l'écrasement du détroit Sud-Rifain (Maroc). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **166** : 614-616.

GERSONDE, R., 1978. — Diatoms paleoecology in the Mediterranean Messinian. *Messinian Seminar 4, Roma*, Résumés 2 p.

GERSONDE, R., 1979. — Diatoms in the Mediterranean Neogene, a short review. *Ann. Géol. Pays Hellén.*, tome h. s., 3 : 1348-1351.

GEVIN, P., 1952. — Le barrage de l'Oued Sarno 19e Congr. géol. internat., Alger, « *Le Géologie et les problèmes de l'eau en Algérie* », **1** : 68-83.

GHOSE, B. K., 1977. — Paleoecology of the Cenozoic reefal foramifera and algae. A brief review. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **22** (3) : 231-256.

GIANNELLI, L. & SALVATORINI, G., 1975. — I Foraminiferi planctonici dei sedimenti Terziari dell'arcipelago Maltese. Il Biostratigrafia di : « Blue Clay », « Greesand » e « Upper Corallina Limestone ». *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat.*, Mém. A, **82** : 20-42.

GIANNINI, E., 1960. — Studio di alcune sezioni stratigrafiche nel Miocene superiore delle colline Livornesi ed osservazioni sui caratteri e sui limiti del Messiniano in Toscana. *Giornale di Geologia*, s. 2, **28** : 35-38.

GIANNINI, E., 1962. — Geologia del Bacino della Fine (province di Pisa e Livorno). *Bol. Soc. Geol. It.*, **80** (2) : 99-224.

GLADENKOV, Y. B., 1985. — Geological events during the neogene in the North Pacific and Mediterranean areas. *7e Congr. Néogène Méditerranéen, Budapest*, Résumés p. 231.

GLYNN, P. W., 1973a. — Ecology of a Caribbean coral reef. The *Porites* reef-flat biotope. Part I-Meteorology and hydrography. *Marine Biology*, **20** : 297-318.

GLYNN, P. W., 1973b. — Aspects of the ecology of coral reefs in the western Atlantic region. *In* JONES O. A. & ENDEAN R., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London*, 2-Biology, 1 : 271-324.

GLYNN, P. W., 1977. — Coral growth in upwelling and nonupwelling areas of the Pacific coast of Panama. *Journ. Marine Research.*, **35**, 3 : 567-585.

GLYNN, P. W., STEWART, R. H. & MC COSKER, J. E., 1972. — Pacific coral reefs of Panama : structure, distribution and predators. *Geologische Rundschau*, **61** (2) : 483-519.

GONZÁLEZ, DONOSO, J. M., 1977. — Sobre la edad de los materiales marinos de la base de la serie de la Malá. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Excursion 1 : 9-12.

GOREAU, T. F., 1959. — The ecology of Jamaican coral reefs. I. Species composition and zonation. *Ecology*, **40** (1) : 67-90.

GOREAU, T. F. & GOREAU, N. I., 1973. — The ecology of Jamaican coral reefs. 2. Geomorphology, zonation and sedimentary phases. *Bull. marine Sci.*, **23** (2) : 399-464.

GOREAU, T. F., GOREAU, N. I. & GOREAU, T. J., 1979. — Coraux et récifs coralliens. *Pour la Science*, 24 : 77-88.

GOREAU, T. F. & LAND, L. S., 1974. — Fore reef morphology and depositional processes, North Jamaica. *In* LAPORTE L. F. " Reefs in time and space ", *SEPM*, Sp. Publ. 18 : 77-89.

GOURINARD, Y., 1952a. — Le Littoral Oranais (Mouvements verticaux et anomalies gravimétriques). *19e Congr. géol. Internat., Monogr. région.*, (1), **22**, 63 p.

GOURINARD, Y., 1952b. — Carte géologique de l'Algérie 1/50 000, feuille Oran n° 153, 2e éd.

GOURINARD, Y., 1958. — Recherches sur la Géologie du Littoral Oranais. *Publ. Serv. Carte Géol. de l'Algérie*, **6**, 200 p.

GRASSLE, J. F., 1973. — Variety in coral reef communities. *In* JONES O. A. & ENDEAN, R., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London*, 2-Biology, 1 : 246-270.

GRASSO, M., LENTINI, F. & PEDLEY, H. M., 1982. — Late Tortonian-Lower Messinian (Miocene) palaeogeography of SE Sicily : information from two new formations of the Sortino group. *Sedimentary Geology*, **32** : 279-300.

Source : MNHN, Paris

GRAUS, R. R., CHAMBERLAIN, J. A. & BOKER, A. M., 1977. — Structural modification of corals in relation to waves and currents. *Am. Assoc. Petr. Geol., Studies in Geology*, 4 : 135-153.

GREEN, R., 1961. — Palaeoclimatic signifiance of evaporites. *In* NAIRN A. E. M. Éd., " Descriptive palaeoclimatology ", *Interscience Publishers Inc. New York* : 61-88.

GUARDIA, P., 1975. — Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie occidentale. *Thèse Sciences. Nice*, 289 p.

GUARDIA, P., MAGNE, J. & MOYES, J., 1974. — Aperçu sur le Néogène autochtone de l'ouest oranais (Algérie occidentale). *Mém. BRGM*, **78** : 691-703.

GUERNET, C., POIGNANT, A. & SAINT MARTIN, J. P., 1984. — Contribution à l'étude de la microfaune des récifs messiniens d'Oranie occidentale (Algérie). *Géobios*, **17** (2) : 155-161.

GUILLEMIN, M., 1976. — Les formations néogènes et quaternaires des régions de Melilla-Nador et leurs déformations (Maroc nord-orientale). *Thèse 3e Cycle, Orléans*, 220 p.

GUILLEMIN, M., 1977. — Le Messinien du Nekor à la Moulouya (Maroc septentrional). *Messinian Seminar 3, Málaga*, Résumés 1 p.

GUILLEMIN, M. & HOUZAY, J. P., 1982. — Le Néogène postnappe et le Quaternaire du Rif nord-oriental (Maroc). Stratigraphie et tectonique des bassins de Melilla, du Kert, de Boudinar et du piedmont des Kebdana. *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 314 : 7-238.

GUILLEMIN, M. & RAMPNOUX, J. P. 1975. — Le Miocène terminal littoral de la Mer d'Alboran, du Bas Kert au piémont des Kebdana (Rif oriental-Maroc). *Annales du centre Univers. de Savoie*, Sciences Nat., **2** : 159-175.

GUTOWSKI, J., 1984. — Sedimentary environment and synecology of macrobenthic assemblages of the Marly sands and red-algal limestones in the Korytnica Basin (Middle Miocene; Holy Cross Mountains, Central Poland). *Acta geologica polonica*, **34** (3-4) : 323-343.

GUTOWSKI, J. & MACHALSKI, M., 1984. — A new littoral locality within the Middle Miocene (Badenian) Korytnica Basin (Holy Cross Mountains, Central Poland). *Acta geologica polonica*, **34** (3-4) : 195-201.

GVIRTZMAN, G. & BUCHBINDER, B., 1978. — The Late Tertiary of the coastal plain and continental shelf of Israel its bearing on the history of the Eastern Mediterranean. *In* Ross D. A., NEPROCHNOV Y. P. *& al.*, " Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project ", **42** (2) : 1195-1222.

GVIRTZMAN, G., BUCHBINDER, B., SNEH, A., NIR, Y., FRIEDMAN, G. M., 1977. — Morphology of the Red Sea fringin reefs : a result of the erosional pattern of the last-glacial lowstand sea level and the following Holocene recolonization. *Mém. B.R.G.M.*, **89** : 480-491.

HALLOCK, P. & SCHLAGER, W., 1986. — Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios*, **1** : 389-398.

HAMADA, T., 1977. — The Holocene corals of raised reefs of Japan. *Mém. B.R.G.M.*, **89** : 389-395.

HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & VAIL, P. R., 1987. — Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, **235** : 1157-1166.

HARMELIN-VIVIEN, M. L., PEYROT-CLAUSADE, M., THOMASSIN, B. & VASSEUR, P., 1982. — Bio-cénoses des récifs coralliens de la région de Tulear (SW de Madagascar). Résultats synthétiques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 3, **295** : 791-796.

HECKEL, P H., 1974. — Carbonate buildups in the geologic record : a review. *In* LAPORTE L. F., " Reefs in time and space ", *SEPM*, Sp. Publ. 18, p. 90-154.

HERNANDEZ, J., 1983. — Le volcanisme miocène du Rif Oriental (Maroc). *Thèse Sciences, Paris XI*, 391 p.

HERNANDEZ, J. & BELLON, H., 1985. — Chronologie K-Ar du volcanisme miocène du Rif oriental (Maroc) : implications tectoniques et magmatologiques. *Revue de Géologie dynamique et de Géographie physique*, **26** (2) : 85-94.

HERVOUET, Y., 1983. — Phases compressives quaternaires du Maroc oriental (bordure rifaine). *Annales de la Société Géologique du Nord*, **103** : 407-412.

HERVOUET, Y., 1985a. — Géodynamique alpine (Trias-Actuel) de la marge septentrionale de l'Afrique au Nord du bassin de Guercif (Maroc oriental). *Thèse Sciences, Pau*, 367 p.

HERVOUET, Y., 1985b. — Évolution tectono-sédimentaire de l'avant fosse rifaine du Maroc oriental au Miocène. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 9 : 81-88.

HERVOUET, Y., 1986. — Évolution tectonique de l'avant-pays oriental rifain (orogène alpin, Maroc). *Revue de Géologie dynamique et de Géographie physique*, **27** (1) : 25-35.

HILALI, E. & NATAF, M., 1970. — Le Kieselguhr du Ras-Traf (Province de Nador) et ses possibilités d'utilisation en génie civil. *Mines et géologie, Rabat*, 31 : 43-61.

HILLIS-COLINVAUX, L., 1985. — *Halimeda* and other deep fore-reef algae at Enewetak atoll. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **5** : 9-14.

HILLIS-COLINVAUX, L., 1986. — Recent calcified Halimedaceae. *4e Symp. Fossil Algae, Cardiff, Abstracts* : 19-20.

HOPLEY, D., 1982. — The geomorphology of the Great Barrier reef : quaternary development of coral reefs. *John Wiley & Sons, New York*, 453 p.

HOUZAY, J. P., 1975. — Géologie du bassin de Boudinar (Rif oriental Maroc). *Thèse 3e Cycle, Paris VI*, 227 p.

HOUZAY, J. P., HILALI, E., FAURE-MURET, A., GLAÇON, G., CHOUBERT, G. & NESTEROFF, W. D., 1975. — La stratigraphie du néogène de Boudinar, Rif oriental, et le problème du Messinien. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **280** : 2729-2732.

HUBBARD, J., 1972. — Cavity formation in living Scleractinian reef corals and fossil analogues. *Geologische Rundschau*, **61** (2) : 551-654.

HUBBARD, D. K., 1985. — What do we mean by reef growth ? *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **6** : 433-438.

HUMBERT, L., 1972. — Recherche méthodologique pour la restitution de l'histoire biosédimentaire d'un bassin. *Revue I.F.P.*, **27** (1-2-3) : 1-50, p. 163-198, p. 321-368.

HÜSELMANN, J. & EMERY, K. O., 1961. — Stratification in recent sediments of Santa Barbara basin as controlled by organisms and water character. *Journ. of Geology*, **69** (3) : 279-290.

HUTCHINGS, P. A. & BAMBER, L., 1985. — variability of biocrosion rates at Lizard Island, Great Barrier Reef :

Source : MNHN, Paris

preliminary attempts to explain these rates and their significance. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **5** : 333-338.

IACCARINO, S., 1985. — Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. *In* BOLLI H. M., SAUNDERS J. B. & PERCH-NIELSEN, " Plankton stratigraphy ", *Cambridge University Press* : 283-314.

JAEGER, J. J. & MARTIN, J., 1971. — Découverte au Maroc des premiers micro-mammifères du pontien d'Afrique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **272** : 2155-2158.

JAEGER, J. J., MICHAUX, J. & DAVID, B., 1973. — Biochronologie du Miocène moyen et supérieur continental du Maghreb. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **277** : 2477-2480.

JAMES, N. P., 1979a. — Introduction to carbonate facies models. *In* WALKER R. G., " Facies models ", *Geoscience Canada*, Series **1** : 105-107.

JAMES, N. P., 1979b. — Reefs. *In* WALKER R. G., " Facies models ", *Geoscience Canada*, Series 1 : 121-132.

JAMES, N. P., 1983. — Reef environment. *In* SCHOLLE D. A., BEBOUT D. G. & MOORE C. H., " Carbonate depositional environnements ", *Amer. Assoc. Petrol. Geol.* : 345-439.

JAUBERT, J., 1977. — Light, metabolism and growth forms of the hermatypic Scleractinian Coral *Synarea convexa* in the lagoon of Moorea (French Polynesia). *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*, **1**, Biology : 484-488.

JENNY, J., FERRARI, J. M., WERNLI, R. & YADI, A., 1986. — Le Complexe chaotique de Beni Saf est d'âge miocène ; doute sur la phase synmétamorphe « antésénonienne » en Oranie (Algérie). *Bull. Soc. géol. France*, (8), **2** : 279-284.

JOLEAUD, L., 1908. — Esquisse comparative des séries miocènes de l'Algérie et du Sud-Est de la France. *Bull. Soc. géol. France*, (4), **8** : 284-294.

KAPLAN, E. H., 1982. — A field guide to coral reefs of the Caribbean and Florida. *Houghton Hifflin Comp., Boston*, 289 p.

KENNETT, J. P., 1982. — Marine Geology. *Prentice-Hall Inc., London*, 813 p.

KIENE, W. E., 1985. — Biological destruction of experimental coral substrates at Lizard Island (Great Barrier Reef, Australia. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **5** : 339-344.

KINSMAN, D. J. J., 1964. — Reef coral tolerance of high temperatures and salinities. *Nature*, **202** : 1280-1282.

KISSLING, D. L. & TAYLOR, G. T., 1977. — Habitat factors for reef-dwelling Ophiuroids in the Florida Keys. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*, **1**, Biology : 225-231.

KORNICKER, L. S. & BOYD, D. W., 1962. — Shallow-water geology and environments of Alacran reef complex, Campeche Bank, Mexico. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, **46** (5) : 640-673.

KRASHENINNIKOV, V. A. & BASOV, I. A., 1986. — Late Mesozoic and Cenozoic stratigraphy and geological history of the south Atlantic high latitudes. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **55** (2-4) : 145-188.

KÜHLMANN, D. H. H., 1980. — Coral association and their evalue for paleontological research. *Acta palaeontologica polonica*, **25** (3/4) : 459-466.

KUKAL, Z., 1971. — Geology of recent sediments. *Academic Press*, London and New York, 490 p.

LABOREL, J., 1977. — Are reef-building Vermetids disappearing in the South Atlantic. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*, **1**, Biology : 233-237.

LACHKHEM, H., 1982. — Les Échinoïdes du Messinien du bassin de Melilla (Maroc septentrional). Étude systématique et paléoécologique. *Thèse 3e Cycle, Orsay*, 204 p.

LADD, H. S., 1950. — Recent reefs. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, **34** (2) : 203-214.

LANG, J. G., 1973. — Interspecific aggression by Scleractinian corals. 2-Why the race is not only the swift. *Bull. Marine Sci.*, **23** (2) : 260-279.

LAOUINA, A. E., 1973. — Observations géomorphologiques dans la région du Moyen Sebou, en amont de Fes. *Revue de Géographie du Maroc*, **23-24** : 95-122.

LAROUZIÈRE, P. DE, MONTENAT, C., OTT D'ESTEVOU, P. & GRIVEAUD, P., 1987. — Évolution simultanée de bassins néogènes en compression et en extension dans un couloir de décrochement : Hinojar et Mazarrón (Sud-Est de l'Espagne). *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **11** (1) : 23-38.

LEBLANC, D., 1979. — Étude géologique du Rif externe oriental au nord de Taza (Maroc). *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 281, 159 p.

LECLAIRE, L. & DENIS-CLOCCHIATI, M., 1984. — Séries sédimentaires pélagiques et Paléobiologie. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, (4), **6**, Section C : 107-127.

LECOINTRE, G., 1916. — Sur la géologie du Djebel Outita et des environs de Dar bel Hamri (Maroc occidental). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **166** : 556-559.

LECOINTRE, G., 1919. — Une faune helvétienne à Taza (Maroc). *C. R. Somm. Soc. géol. France*, 10 : 102-103.

LECOINTRE, G., 1952. — Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, 99, **1** (Stratigraphie) 200 p., 2 (Pléontologie) 176 p.

LECOINTRE, G. & ROGER, J., 1943. — La faune de Dar bel Hamri (Maroc) est d'âge pliocène ancien. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.*, (2), **15** (6) : 359-364.

LEMOINE, P., 1939. — Les Algues calcaires fossiles de l'Algérie. *Mat. Carte géol. Algérie, Paléont.*, (1), **9**, 129 p.

LEVY, R., 1938. — Contribution à l'étude du bord méridional des unités prérifaines entre Hajra el Baz et Moulay Yacoub (Maroc occidental). *Bull. Soc. géol. France*, (5), **7** : 771-794.

LEVY, R. & TILLOY, R., 1952. — Livret-guide des excursions A_{II} et C_{II}. Maroc septentrional (Chaîne du Rif). Partie occidentale de la zone de Protectorat français. *19e Congr. géol. intern., série Maroc*, 8, 65 p.

LEWIS, J. B., 1965. — Coral reef ecosystems. *In* LONGHURST A. R., " Analysis of Marine Ecosystems ", *Academic Press, London* : 127-158.

LINK, T. A., 1950. — Theory of transgressive and regressive reef (bioherm) development and origin of oil. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, **34** (2) : 263-294.

LIZAUR, J. DE, MARÇAIS, J., COLO, G. & SUTER, G., 1951. — Structure et encadrement de la chaîne des Kebdana. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **232** : 1363-1365.

LOGAN, A., 1977. — Reef-dwelling articulate Brachiopods from Grand Cayman, B.W.I. *Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., Miami*, **1**, Biology : 87-93.

Source : MNHN, Paris

LOGAN, A., 1981. — Sessile invertebrate coelobite communities from shallow reef tunnels, Grand Cayman, B.W.I. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, 2 : 735-744.

LOGAN, A. *et alii*, 1969. — Carbonate sediments and reefs, Yucatán Shelf, Mexico. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Mem.*, 11 : 1-198.

LONGMAN, M. W., 1981. — A process approach recognizing facies of reef complexes. *In* TOOMEY D. F., " European Fossil Reef Models ", *SEPM*, Sp. Publ. 30 : 9-40.

LOPEZ-MARTINEZ, M., AGUSTI, J., CABRERA, L., CALVO, J. P., CIVIS, J., CORROCHANO, A., DAAMS, R., DIAZ, M., ELIZAGA, E., HOYOS, M., MORALES, J., PORTERO, J. M., ROBLES, F., SANTISTEBAN, C. & TORRES, T., 1985. — Approach to the Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *7e Congr. Néogène Méditerranéen, Budapest*, Résumés, p. 350.

LORENCHET DE MONTJAMONT, M., 1963a. — Observations sur le Miocène supérieur du couloir sud-rifain (Maroc). *C. R. Somm. Soc. géol. France* : 50-52.

LORENCHET DE MONTJAMONT, M., 1963b. — Observations sur le Miocène moyen du couloir sud-rifain (Maroc). *C. R. Somm. Soc. géol. France* : 75-77.

LORENCHET DE MONTJAMONT, M., 1964. — Nouvelles observations sur le Néogène du Maroc septentrional et sur le gisement de Dar Bel Hamri. *C. R. Somm. Soc. géol. France* : 206-207.

LORENZ, C. & MASCLE, G., 1984. — Le point sur la géologie de l'archipel maltais. *Revue de Géologie Dynam. et de Géog. phys.*, 25 (2) : 63-68.

LOUIS, M. & SALLE, C., 1952. — Étude géologique et géochimique des indices du Miocène supérieur du Bassin du Chélif (Oranie). *19e Congr. Géol. Internat., Comptes rendus section 14*, 16 : 229-245.

LUCAS, G., 1970. — Formations construites. Essai de classification et d'interprétation. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), 270 : 1417-1420.

LUCAS, G., 1973. — Rôle des organismes dans la genèse des roches. Application aux récifs coralliens. *Sciences de la Terre*, 18 (3) : 257-271.

LUKOWSKI, P. 1988. — Évolution tectonosédimentaire du bassin néogène de Fortuna. *Mém. Géodiffusion*, 1, 403 p.

LUKOWSKI, P. WERNLI, R. & POISSON, A., 1988. — Mise en évidence de l'importance des dépôts messiniens dans le bassin miocène de Fortuna (Prov. de Murcia, Espagne). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 307, 2 : 941-947.

MACINTYRE, I. G. & PILKEY, O. H., 1969. — Tropical reef corals : tolerance of low temperatures on the North Carolina continental shelf. *Science*, 166 : 374-375.

MAC NEIL, F. S., 1954a. — Organic reefs and banks and associated detritical sediments. *Amer. Journ. Sci.*, 252 (7) : 385-401.

MAGNE, J., 1978. — Études microstratigraphiques sur le Néogène de la Méditerranée occidentale. *Éditions du CNRS, Paris*, 259 p.

MAGNE, J. & TEMPÈRE, C., 1953. — Micropaléontologie de deux bassins néogènes algériens : le Chelif et le Hodna. Application aux recherches de pétrole. *19e Congr. Géol. Internat., Comptes rendus section 14*, 16 : 147-176.

MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1979a. — Biofacies au moyen des Échinides du Miocène supérieur dans l'île de Crète (Grèce) (Recherche biostratigraphique et paléontologique). *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., 3 : 745-753.

MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1979b. — Sur quelques Polypiers fossiles du Tortonien de Crète. Signification paléoécologique et paléogéographique. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., 2 : 735-743.

MARGEREL, J. P., 1964. — Quelques données nouvelles sur les séries pleistocène, miocène et crétacée des environs d'Oran. *C. R. Somm. Soc. géol. France* : 155-157.

MARTIN, J., 1981. — Le Moyen Atlas central. Étude géomorphologique. *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 258 *bis*, 445 p.

MATTHEWS, R. K., 1974. — A process approach to diagenesis of reefs and reef associated limestones. *In* LAPORTE L. F., " Reefs in time and space ", *SEPM*, Sp. Publ. 18 : 234-256.

MAURIN, A. F., MONTY, C. L. & BERNET-ROLLANDE, M. C., 1980. — The Miocene *Porites* reef of Santa Pola, Spain. *26e Congr. Géol. Intern. Paris*, p. 515.

MAXWELL, W. G. H., 1968. — Atlas of the Great Barrier reef. *Elsevier Publ. Comp., Amsterdam*, 258 p.

MAZZOLA, G., 1970. — Les Foraminifères planctoniques du Mio-Pliocène de l'Algérie nord-occidentale. *Proc. 2th. Planktonic Conf. (Roma, 1970)*, 2 : 787-812.

MEGÍAS, A. G., 1985. — Tectonosedimentary relationship between mio-pliocene reefs and evaporites in Almeria and Sorbas basins (SE Iberian Peninsula). *6th European Meeting of Sedimentology I.A.S., Lleida*, 1985, Abstracts : 292-295.

MEGÍAS, A. G., DEPERET, G., MARTÍNEZ DEL OLMO, W. & SOLER, R., 1983. — La sedimentacion neogena en las Beticas : analisis teetonosedimentario. *Mediterránea*, ser. Geol., 1 : 83-103.

MEILLE, B. & PAJAUD, D., 1971. — Présence de Brachiopodes dans le grand banc des Bahamas. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), 273 : 469-472.

MÉON, H., BALLESIO, R., GUÉRIN, C. & MEIN, P., 1979. — Approche climatologique du Néogène supérieur (Tortonien à Pleistocène moyen ancien) d'après les faunes et les flores d'Europe occidentale. *Mém. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, série B, Botanique, 27 : 182-195.

MERGNER, H., 1971. — Structure, ecology and zonation of Red Sea reefs (in comparison with South Indien and Jamaican reefs). *Symp. zool. Soc. Lond.*, 28 : 141-161.

MESOLELLA, K. J., SEALY, H. A. & MATTHEWS, R. K., 1970. — Facies geometries within Pleistocene reefs of Barbados, West Indies. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, 54 (10) : 1899-1917.

MEULENKAMP, J. E., DRIEVER, B. W. M., JONKERS, H. A., SPAAK, P., ZACHARIASSE, W. J. & VAN DER ZWAAN, G. J., 1979. — Late Miocene-Pliocene climatic fluctuations and marine " cyclic " sedimentation patterns. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., 2 : 831-842.

MICHARD, A., 1976. — Éléments de Géologie Marocaine. *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 252, 408 p.

MILLIMAN, J. D., 1973. — Caribbean coral reefs. *In* JONES O. A. & ENDEAN R., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London, 1-Geology* : 1-50.

Source : MNHN, Paris

MILLIMAN, J. D., 1974. — Marine carbonates. *In* MILLIMAN J. D., MÜLLER G. & FORSTNER U., " Recent Sedimentary Carbonates ", *Springer Verlag, Berlin*, 375 p.

MITROVIC-PETROVIC, J., 1984. — Importance biostratigraphique et paléoécologique du genre *Clypeaster* (Echinoidea) pour les sédiments néogènes de Yougoslavie. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, **32** : 211-235.

MOISSETTE, P., 1983. — *Tremogasterina catenularia* nov. sp. (*BRYOZOA, CHEILOSTOMATA*) du Messinien d'Algérie occidentale. *Géobios*, **16** (5) : 623-627.

MOISSETTE, P., 1984. — Les faunes de Bryozoaires du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 7 : 321-324.

MOISSETTE, P., 1985. — Encrusting Bryozoans from two Messinian coral reefs of western Algeria. *In* NIELSEN C. & LARWOOD G. P. Ed., " Bryozoa : Ordovician to Recent ", *Ed. Olsen & Olsen*, Fredensborg : 205-212.

MOISSETTE, P., 1988. — Faunes de Bryozoaires du Messinien d'Algérie occidentale. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 102, 351 p.

MOISSETTE, P. & SAINT MARTIN, J. P., 1982a. — *Porites lobatoserpta* et sa faune d'épibiontes associée. *9e R.A.S.T.*, Paris, p. 446.

MOISSETTE, P. & SAINT MARTIN, J. P., 1982b. — Observations sur des Cirripèdes Creusiinae actuels et fossiles d'Oranie. *4e Sémin. Nat. Sc. de la Terre Alger*, Résumés p. 71.

MOISSETTE, P. & SAINT MARTIN, J. P., 1982c. — *Creusia oraniensis* nov. sp. (*CIRRIPEDIA, CREUSIINAE*) du Miocène terminal d'Oranie (Algérie). *Géobios*, **15** (6) : 935-941.

MOISSETTE, P., TERMIER, H. & TERMIER, G., 1984. — Quelques précisions sur les Spongiaires miocènes de la région d'Oran. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 2, **299** (9) : 587-592.

MONTAGGIONI, L., RICHARD, G., GABRIE, C., MONTE FORTE, M., NAIM, O., PAYRI, C. & SALVAT, B., 1985. — Les récifs coralliens de l'île de Makata, Archipel des Tuamotu, Pacifique central : géomorphologie et répartition des peuplements. *Ann. Inst. océanogr., Paris*, 61 (1) : 1-25.

MONTENAT, C., 1973. — Le Miocène terminal des chaînes bétiques (Espagne méridionale). Esquisse paléogéographique. *In* DROOGER C. W. Ed., " Messinian events in the Mediterranean ", *Kon. ned. Akad. Wetensch.* : 180-187.

MONTENAT, C., 1977a. — L'Histoire tectonique récente (Tortonien à Quaternaire) de l'Arc de Gibraltar et des bordures de la mer d'Alboran. 1-Chronologie et principaux événements de l'histoire paléogéographique du Néogène récent. *Bull. Soc. géol. de France*, (7), **19** (3) : 577-583.

MONTENAT, C., 1977b. — Le bassin messinien de Vera (Province d'Almeria-Cordillères bétiques orientales). *Messinian Seminar 3, Málaga*, Excursion 3 : 1-11.

MONTENAT, C., 1977c. — Vue d'ensemble sur le Messinien du Domaine bétique. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Résumés 3 p.

MONTENAT, C., 1977d. — Le bassin évaporitique messinien de San Miguel de Salinas et son environnement. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Excursion 5 : 1-15.

MONTENAT, C., 1977e. — Les bassins néogènes du Levant d'Alicante et de Murcia (Cordillères bétiques orientales, Espagne). Stratigraphie, paléogéographie et évolution dynamique. *Doc. Lab. Géol. Lyon*, 69, 345 p.

MONTENAT, C., 1980. — Relation entre déformations synsédimentaires et paléosismicité dans le Messinien de San Miguel de Salinas (Cordillères bétiques orientales, Espagne). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **22** (3) : 501-509.

MONTENAT, C., BIZON, G. & BIZON, J. J., 1975. — Remarques sur le Néogène du forage Joides 121 en mer d'Alboran (Méditerranée occidentale). — *Bull. Soc. géol. France*, (7), **17** (1) : 45-51.

MONTENAT, C., BIZON, G. & BIZON, J. J., 1976. — Continuité ou discontinuité de sédimentation marine mio-pliocène en Méditerranée occidentale. L'exemple de Vera (Espagne méridionale). *Revue I.F.P.*, **31** (4) : 613-650.

MONTENAT, C., OTT D'ESTEVOU, P. & MASSE, P., 1987. — Tectonic-sedimentary characters of the Betic Neogene basins evolving in a crustal transcurrent shear zone (SE Spain). *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **11** (1) : 1-22.

MONTENAT, C., OTT D'ESTEVOU, P. & PLAZIAT, J. C., 1979. — A propos de faunes marines contemporaines des évaporites messiniennes dans le Sud-Est de l'Espagne. Implications paléogéographiques en Méditerranée occidentale. *Messinian Seminar 5, Chypre*, Résumés 3 p.

MONTENAT, C., OTT D'ESTEVOU, P., PLAZIAT, J. C. & CHAPEL, J., 1980. — La signification des faunes marines contemporaines des évaporites messiniennes dans le Sud-Est de l'Espagne. Conséquences pour l'interprétation des conditions d'isolement de la Méditerranée occidentale. *Géologie Méditerranéenne*, **7** (1) : 81-90.

MONTENAT, C., OTT D'ESTEVOU, P. & VACHARD, D., 1978. — Stromatolithes silico-métallifères du Messinien d'Espagne méridionale. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **20** (5) : 773-777.

MONTENAT, C. & ROMAN, J., 1970. — Échinides néogènes d'Espagne (Provinces d'Alicante et de Murcie). *Annales de Paléontologie*, Invertébrés, **56** (1) : 89-138.

MONTY, C., 1982. — Cavity or fissure dwelling Stromatolithes (Endostromatolithes) from Belgian devonian mudmounds. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, **105** : 343-344.

MONTY, C., 1986a. — Microbial dolomites. *12th Int. Sediment. Congr. (Australia)*, Session C4 : 215-216.

MONTY, C., 1986b. — Interactions évènements géologiques-stromatolithes. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **10** (2) : 537-553.

MONTY, C., MAURIN, A. F. & BERNET-ROLLANDE, M. C., 1980. — Miocene stromatolitic reefs from S.E. Spain. *26e Congr. Géol. Intern. Paris*, p. 521.

MOREAU, M. G., FEINBERG, H. & POZZI, J. P., 1985/1986. — Magnetostratigraphy of a Late Miocene section from the Moroccan Atlantic Margin. *Earth and Planetary Science Letters*, 76 : 167-175.

MOREL, J. L., 1980. — Contribution à l'étude géologique et structurale de la région de Midar (Rif oriental, Maroc). *Thèse 3e Cycle, Orsay*, 178 p.

MOREL, J. L., FAURE-MURET, A. & CHOUBERT, G., 1982. — La transgression messinienne dans la région de Midar (Rif oriental, Maroc). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 2, **294** : 1139-1141.

MULLER, C., 1979. — Report of the working group on Micropaleontology. Nannoplancton. *Ann. Géol. Pays Hellén.*, tome h. s., 3 : 1344-1347.

MÜLLER, D. W., 1986. — Die Salinitätkrise im Messinian

Source : MNHN, Paris

(spätes Miozän) der Becken von Fortuna und Sorbas (Südost-Spanien). *Diss. ETH*, n° 8056, inédit.

MÜLLER, P., 1984. — Decapod Crustacea of the Badenian. *Geologica hungarica*, Palaeontologica, **42**, 317 p.

MÜLLER, P., 1986. — Messinian and older Decapods from the Mediterranean with description of two new species. *Ann. Géol. pays Hellèn.*, **32** : 25-34.

MURRAY, D. & SCHRADER, H., 1982. — The size distribution of the centric Diatom *Coscinodiscus nodulifer* site 480, Guaymas basin slope, Gulf of California. *In* CURRAY J. R., MOORE D. G. *& al.*, " Initial Reports of the Deep Sea Drilling Projcet ", **64** (2) : 1239-1244.

MURRAY, J. W., 1973. — Distribution and ecology of living Benthic Foraminiferids. *Crane, Russak & Co, New York*, 274 p.

NEUMANN, A. C. & MACINTYRE, I., 1985. — Reef response to sea level rise : keep-up, catch-up or give up. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **3** : 105-110.

NEURDIN-TRESCARTES, J., 1974. — Les formations gréseuses dans la région nord des Beni Chougrane (Algérie du Nord). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord Alger*, **65** (1/2) : 165-178.

NEURDIN-TRESCARTES, J., 1985. — Silico-clastic deposits and synsedimentary tectonic in the Lower Chelif basin (North Western Algeria). *6th European Regional Meeting of Sedimentology I.A.S., Lleida 1985*, abstracts : 325-328.

NEWMAN, W. A. & LAAD, H. S., 1974. — Origin of Coral-inhabiting Balanids (Cirripedia, Thoracica). Contributions to the Geology and Paleobiology of the Caribbean and adjacent areas. *Verhandl. Naturf. Ges. Basel*, **84** (1) : 381-396.

ORSZAG-SPERBER, F. (1971). — Mise en évidence de repères stratigraphiques et structuraux dans le Miocène de la plaine orientale corse. *C. R. Acad. Sc. Paris* (D), **272** : 8-11.

ORSZAG-SPERBER, F., 1975. — Importance régionale des deux phases régressives enregistrées dans le Néogène de la Méditerranée occidentale. *9e Congr. Intern. de Sédimentologie Nice* : 325-328.

ORSZAG-SPERBER, F., 1980. — Les modes de sédimentation dans les bassins néogènes de la Corse. *In* Livre Jubilaire en hommage au Prof. André Rivière, *Univ. Paris Sud Orsay* : 171-182.

ORSZAG-SPERBER, F. & FREYTET, P., 1973. — Sur l'intercalation de paléosols dans le Miocène marin de la plaine orientale corse. Conséquences paléogéographiques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, (D), **276** : 253-255.

ORSZAG-SPERBER, F. & PILOT, M. D., 1976. — Grands traits du Néogène de Corse. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **18** : 1183-1187.

ORSZAG-SPERBER, F. & POIGNANT, A. F., 1972. — Corallinacées du Miocène de la plaine orientale corse. *Revue de Micropaléontologie*, **15** (2) : 115-124.

ORSZAG-SPERBER, F., POIGNANT, A. F. & POISSON, A., 1977. — Paleogeographic signifiance of rhodolites : some examples from the Miocene of France and Turkey. *In* FLÜGEL E. Ed., " Fossil Algae " : 286-294.

ORSZAG-SPERBER, F. & ROUCHY, J. M., 1979. — Le Miocène terminal et le Pliocène inférieur au Sud de Chypre. *Messinian Seminar 5, Chypre*, Livret-Guide de l'excursion, 60 p.

OTT D'ESTEVOU, P., 1980. — Évolution dynamique du bassin néogène de Sorbas (Cordillères Bétiques Orientales, Espagne). *Thèse Doct. Univ. Paris VI*, 255 p.

OTT D'ESTEVOU, P., MONTENAT, C., LADURE, F. & PIERSON D'AUTREY, L., 1988. — Évolution tectono-sédimentaire du domaine prébétique oriental (Espagne) au Miocène. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **307**, 2 : 789-796.

PAGNIER, H., 1977. — Excursion to the Messinian reef deposit in the Northern part of the Sorbas basin : an introduction. *Messinian Seminar 3, Málaga*, Excursion 2 : 44-53.

PAJAUD, D., 1976. — A propos des fossiles du Pliocène d'Aguilas (Sud d'Almeria, Espagne). Découverte de Cirripèdes operculés (Crustacés) et discussion sur l'étho-écologie des formes épizoaires. *Géobios*, **9** (4) : 481-502.

PATTON, W. K. (1976). — Animal associates of living reef corals. *In* JONES O. A. & ENDEAN R., " Biology and Geology of coral reefs ", *Academic Press, London*, 2-Biology, 2 : 1-36.

PEDLEY, H. M., 1978. — A new lithostratigraphical and palaeoenvironmental interpretation for the Coralline limestone formations (Miocene) of the Maltese Islands. *Overseas Geol. and Miner. Resour.*, 54 : 1-17.

PEDLEY, H. M. (1979). — Miocene bioherms and associated structures in the Upper Coralline limestone of the Maltese Islands : their lithification and palaeoenvironment. *Sedimentology*, **26** : 577-591.

PEDLEY, H. M., 1981. — Sedimentology and paleoenvironment of the southeast Sicilian Tertiary platform carbonates. *Sedimentary Geology*, **28** : 273-291.

PEDLEY, H. M., 1983. — The petrology and palaeoenvironment of the Sortino Group (Miocene) of S.E. Sicily : evidence for periodic emergence. *J. geol. Soc. London*, **140** : 335-350.

PEDLEY, H. M., HOUSE, M. R. & WAUGH, B., 1976. — The Geology of Malta and Gozo. *Proc. Geol. Ass.*, **87** (3) : 325-341.

PEDLEY, H. M. & WAUGH, B., 1976. — Eastern Field Meeting to the Maltese Islands, 7-14 April 1974. *Proc. Geol. Ass.*, **87** (3) : 343-358.

PÉRÈS, J. M., 1961. — Océanographie biologique et biologie marine. I. La vie benthique. *P.U.F., Paris*, 541 p.

PÉRÈS, J. M., 1965. — Réflexions sur les rapports entre l'écologie et la paléoécologie marines. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 1 : 51-68.

PÉRÈS, J. M., 1967. — Les bioeoenoses benthiques dans le système phytal. *Rec. trav. St. Mar. End.*, **42**, 58 : 1-113.

PERÈS, J. M. & PICARD, J., 1969. — Réflexions sur la structure trophique des édifices récifaux. *Marine Biology*, **3** : 227-232.

PERMANYER, A. & ESTEBAN, M., 1973. — El arrecife Mioceno de Sant Pau d'Ordal (provincia de Barcelona). *Instituto de Investigaciones Geológicas Univ. Barcelona*, **28** : 45-72.

PERRODON, A., 1955. — Contribution à l'étude stratigraphique de la région de Saint Denis du Sig. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, **5** : 107-126.

PERRODON, A., 1957. — Étude géologique des bassins

Source : MNHN, Paris

néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, **12**, 323 p.

PERRODON, A. & TEMPÈRE, C., 1953. — Sur l'extension du Miocène dans les Sebaa Chioukh (Oranie occidentale, Algérie). *Bull. Soc. géol. France*, (6), **3** (7-8) : 583-588.

PERTUSATI, P. C., PLESI, G. & FERONI, A. C., 1980. — Un episodio di raccorciamento interposto tra di distensione nel calcare di Rosignano (Neoautoctono) del Bacino della Fine (Toscane meridionale). *Boll. Soc. Geol. It.*, **99** : 175-181.

PEYROT-CLAUSADE, M., 1977. — Faune cavitaire mobile des platiers coralliens de la région de Tuléar (Madagascar). *Thèse Sciences, Aix-Marseille 2*, 198 p.

PEYROT-CLAUSADE, M., 1979. — Contribution à l'étude de la cryptofaune des plat iers coralliens de la région de Tulear (Madagascar). *Ann. Inst. océanogr., Paris*, **55** (1) : 71-94.

PEYROT-CLAUSADE, M., 1981. — Motile cryptofaune of Tulear great reef slope : Brachyura and Anomura distribution. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, **2** : 745-754.

PHILIP, J., 1983. — Réflexion sur l'approche géologique du phénomène récifal. *Bull. Soc. géol. France*, (7), **25** (4) : 543-546.

PHLEGER, F. B., 1960. — Ecology and distribution of recent Foraminifera. *The John Hopkins Press*, Baltimore, 297 p.

PICARD, J., 1967. — Essai de classement des grands types de peuplements marins benthiques tropicaux, d'après les observations effectuées dans les parages de Tulear (S.W. de Madagascar). *Rec. Trav. St. Mar. End.*, fasc. h.s., Suppl. 6 : 3-24.

PICHON, M., 1981. — Dynamic aspects of coral reef benthic structure and zonation. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, **1** : 581-594.

PIQUET, J. P. & SAINT MARTIN, J. P., 1986. — Relations trophiques dans les marnes bleues miocènes de Fes (Maroc). *11e R.S.T.*, Clermont-Fd, p. 148.

POMAR, L., ESTEBAN, M., CALVET, F. & BARÓN, A., 1983. — La unidad arrecifal del Mioceno superior de Mallorca. *In* " El Terciario de las Baleares ", *Guia de las Excursiones del 10° Congresso Nacional de Sedimentologia, Menorca* : 139-175.

POMAR, L., MARZO, M. & BARÓN, A., 1983. — El Terciario de Mallorca. *In* " El Terciario de las Baleares ", *Guia de las Excursiones del 10° Congresso Nacional de Sedimentologia, Menorca* : 21-44.

POMEL, A., 1889. — Description stratigraphique générale de l'Algérie. *Fontana Éd. Alger*, 211 p.

POMEL, A. & POUYANNE, J., 1882. — Texte explicatif de la Carte géologique provisoire des départements d'Alger et d'Oran : 31-45.

POUQUET, J., 1952. — Les Monts du Tessala. *Sedes Paris*, 348 p.

POUYANNE, J., 1877. — Notice géologique sur la subdivision de Tlemcen. *Ann. Mines*, (7), **12** : 81-155.

PURDY, E. G., 1973. — Formes récifales : causes et effets. *Sciences de la Terre*, **18** (3) : 245-255.

PURDY, E. G., 1974. — Reef configuration : cause and effect. *In* LAPORTE L. F., " Reefs in time and space ", *SEPM*, Sp. Publ. 18 : 9-76.

PURSER, B. H., 1983. — Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents. Tome 2. Les domaines de sédimentation carbonatée récents ; application à l'interprétation des calcaires anciens. *Technip, Paris*, 381 p.

RADWANSKI, A., 1977. — Present day types of trace in the Neogene sequence ; their problems of nomenclature and preservation. *In* CRIMES & HARPER Ed., " Trace Fossils 2 ", *Seel House Press Liverpool* : 227-264.

RAMPNOUX, J. P., ANGELIER, J., COLETTA, B., FUDRAL, S., GUILLEMIN, M. & PIERRE, G., 1979. — Sur l'évolution néotectonique du Maroc septentrional. *Géologie méditerranéenne*, **6** (4) : 439-464.

RANDALL, R. H., 1985. — Habitat geomorphology and community structure of corals in the Mariana Islands. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **6** : 261-266.

RANGHEARD, Y., 1969. — Etude géologique des îles d'Ibiza et de Formentera (Baléares). *Thèse Sciences Besançon*, 478 p.

RANSON, G., 1950. — Géonomie, écologie et répartition géographique des coraux constructeurs de récifs. Coraux et climats. *C. R. Som. Séances Soc. Biogéographie*, **27**, 235 : 77-88.

RANSON, G., 1952. — Note sur la cause probable de l'absence de récifs coralliens aux îles Marquises et de l'activité réduite des coraux récifaux à Tahiti, aux Tuamotu, aux Hawaï, etc... *C. R. Som. Séances Soc. Biogéographie*, **29**, 248 : 3-11.

RAT, P., 1968. — Milieux récifaux fossiles et genèse des calcaires. *Bulgarian Geological Society*, **29** (1) : 63-72.

REPELIN, J., 1895. — Étude géologique des environs d'Orléansville. *Barthelet Éd. Marseille*, Thèse, 198 p.

REVERT, J., 1988. — Évolution des populations de *Megerlia truncata* (Brachiopodes) en Mer Méditerranée occidentale du Néogène à l'actuel : relations avec les changements dynamiques et thermiques des eaux méditerranéennes. *Géobios*, (sous presse).

REVERT, J. & THOMAS, G., 1976. — Excursion géologique au Murdjadjo (Oran). *Bull. Soc. Géogr. et d'Archéol. Oran*, Année 1976 : 77-92.

REZAK, R., 1977. — West Flower Garden Bank, Gulf of Mexico. *Am. Assoc. Petr. Geol., Studies in Geology*, **4** : 27-35.

REZAK, R., BRIGHT, T. J. & MC GRAIL, D. W., 1985. — Reefs and banks of the northwestern Gul of Mexico. Their geological, biological and physical dynamics. *John Wiley & Sons Inc. New York*, USA, 259 p.

RICHARD, G., 1976. — Transports de matériaux et évolution récente de la faune malacologique lagunaire des Taiaro. *Cahiers du Pacifique*, **19** : 265-282.

ROBILLARD, D., 1981. — Étude stratigraphique et structurale du Moyen Atlas septentrional (région de Taza, Maroc). *Notes Serv. géol. Maroc*, **42**, 308 : 101-193.

ROBIN, B., 1983. — Les Coraux — Nouvelle-Calédonie, Tahiti, Réunion, Antilles. *Éditions du Pacifique*, 144 p.

ROEP, T. B., BEETS, D. J., DRONKERT, H. & PAGNIER, H., 1979. — A prograding coastal sequence of wave-built structures of Messinian age, Sorbas, Almeria, Spain. *Sedimentary Geol.*, **22** : 135-163.

ROGER, J. (1942). — Note préliminaire sur le Sahélien. Les

Source : MNHN, Paris

Invertébrés de la macrofaune sahélienne d'Oran. *Bull. Mus. nat. Hist. Nat. Paris, (2)*, **14**, 6, p. 465-470.

ROGER, J., 1943. — Les Polypiers du gisement pliocène ancien de Dar bel Hamri (Maroc). *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, **15** (6) : 477-481.

ROGER, J., NICOLAS, J. P. & BUGE, E., 1943. — La microfaune du Sahélien d'Oran. *Bull. Mus. nat. Hist. nat. Paris*, (2), **15** (4) : 248-255.

ROGERS, C. S., 1985. — Degradation of Caribbean and western Atlantic coral reefs and decline of associated fisheries. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **6** : 491-496.

RØRON, P., 1984. — Les macroflores messiniennes de Méditerranée nord-occidentale et la crise de salinité. *Paléobiologie continentale Montpellier*, **14** (2) : 415-422.

ROMAN, J., 1984. — Les Échinides et les milieux de vie du Tertiaire ; quelques exemples. *Géobios*, Mém. spécial 8 : 115-124.

ROMAN, J. & SAINT MARTIN, J. P., 1987. — *Echinoneus torioli*, rare Échinoïde (Holectypoïde) récifal dans le Messinien (Miocène) d'Oranie (Algérie). *C. R. Congr. natl. Soc. sav., Lyon 1987*, Sciences, 2 : 15-25.

ROSEN, B. R., 1971 — The distribution of reef coral genera in the Indian Ocean. *Symp. zool. Soc. Lond.*, **28** : 263-299.

ROSS, A. & NEWMAN, W. A., 1973. — Revision of the Coral-inhabiting Barnacles (Cirripedia, Balanidae). *Trans. San Diego Nat. Hist. Soc.*, **17** (12) : 137-173.

ROUCHY, J. M., 1979. — La sédimentation évaporitique messinienne sur les marges méditerranéennes. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., 3 : 1051-1060.

ROUCHY, J. M., 1980. — La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée : un bilan. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, **4** (1) : 511-545.

ROUCHY, J. M., 1982a. — La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée. *Mém. Mus. natn. Hist nat.*, (C) **50**, 267 p.

ROUCHY, J. M., 1982b. — La crise évaporitique messinienne de Méditerranée : nouvelles propositions pour une interprétation génétique. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, (4), **4**, C, 3-4 : 107-136.

ROUCHY, J. M., 1983. — General factors of the Messinian evaporitic sedimentation in the Mediterranean and the problem of the erosional surfaces. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **4** : 323-324.

ROUCHY, J. M., 1986. — Les évaporites miocènes de la Méditerranée et de la mer Rouge et leurs enseignements pour l'interprétation des grandes accumulations évaporitiques d'origine marine. *Bull. Soc. géol. France*, (8), **2** : 511-520.

ROUCHY, J. M., CHAIX, C. & SAINT MARTIN, J. P., 1982. — Importance et implications de l'existence d'un récif coralien sur le flanc sud du Djebel Murdjadjo (Oranie, Algérie). *C. R. Acad. Sc. Paris*, **2**, **294** : 813-816.

ROUCHY, J. M. & FRENEIX, S., 1979. — Quelques gisements messiniens de Bivalves (Formations des Tripolis d'Algérie et du Maroc). Signification paléoécologique. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, tome h. s., 3 : 1061-1070.

ROUCHY, J. M., SAINT MARTIN, J. P., MAURIN, A. & BERNET-ROLLANDE, M. C., 1986. — Évolution et antagonisme des communautés bioconstructrices animales et végétales à la fin du Miocène en Méditerranée occidentale : biologie et sédimentologie. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **10** (2) : 333-348.

ROUGERIE, F. & WAUTHY, B., 1986. — Le concept d'endo-upwelling dans le fonctionnement des atolls-oasis. *Oceanol. Acta*, **9** (2) : 133-148.

ROUX, M. & MONTENAT, C., 1977. — Site à Crinoïdes pédonculés et bathymétrie des bassins messiniens dans les Cordillères bétiques orientales (Espagne méridionale). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **19** (2) : 405-416.

RUGGIERI, G., TORRE, G., MORONI, A. & ARUTA, L., 1969. — Miocene superiore (Sahelian) nei dintorni di Bonfornella (Palermo). *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, s. 7*, **1**, Suppl. Sc. Geol. : 175-193.

RUSSO, A., 1980. — The psychrospheric coral fauna from the lower Pliocene of Northern Italy. *Acta Paleontologica polonica*, **25** (2)/3 : 613-617.

SADRAN, G., 1952. — Les roches cristallines du littoral oranais. *19e Congr. Géol. Internat., monogr. région. (Algérie)*, (1), **18**, 84 p.

SADRAN, G., 1958. — Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du Tell oranais. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, **18**, 533 p.

SAINT MARTIN, J. P., 1982. — Exemple de peuplements récifaux dans le Miocène supérieur d'Oranie occidentale (Algérie). *9e R.A.S.T.*, Paris, p. 564.

SAINT MARTIN, J. P., 1984. — Le phénomène récifal messinien en Oranie (Algérie). *Géobios*, Mém. spécial 8 : 159-166.

SAINT MARTIN, J. P. & CHAIX, X., 1981. — Sur la paléoécologie des formations récifales du Miocène supérieur d'Oranie occidentale. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **2**, **292** : 1341-1343.

SAINT MARTIN, J. P. & CHAIX, C., 1984. — Paléoenvironnements des récifs coralliens du Messinien en Méditerranée. *10e R.A.S.T.*, Bordeaux, p. 496.

SAINT MARTIN, J. P., CHAIX, C., CISZAK, R. & GONORD, H., 1980. — Récifs et sédimentation récifale au Miocène supérieur en Oranie occidentale (Algérie). *8e R.A.S.T.*, Marseille, p. 319.

SAINT MARTIN, J. P., CHAIX, C. & MOISSETTE, P., 1983. — Le Messinien récifal d'Oranie (Algérie) : une mise au point. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **2**, **297** : 545-547.

SAINT MARTIN, J. P., MOISSETTE, P. & FRENEIX, S., 1985. — Paléoécologie des assemblages de Bivalves dans les récifs messiniens d'Oranie occidentale (Algérie). *Bull. Soc. géol. France*, (8), **1** (2) : 280-283.

Saint Martin, J. P. & Müller, P., 1988. — Les Crustacés Décapodes du Messinien récifal d'Oranie (Algérie). *Géobios*, **21** (2) : 251-257.

SAINT MARTIN, J. P. & PIQUET, J. P., 1986. — Trophisme chez des Naticidae miocènes. *11e R.S.T.*, Clermont-Fd, p. 162.

SAINT MARTIN, J. P. & ROUCHY, J. M., 1986. — Intérêt du complexe récifal du Cap des Trois Fourches (Bassin de Nador, Maroc septentrional) pour l'interprétation paléogéographique des événements messiniens en Méditerranée occidentale. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 2, **302** (15) : 957-962.

SAINT MARTIN, J. P. & ROUCHY, J. M., 1988. — Importance des phénomènes biosédimentaires au Messinien dans les

Source : MNHN, Paris

bassins périphériques de Méditerranée occidentale : un bilan. *Colloque Biosédimentologie A.S.F., Marseille 1988.* Résumés, p. 61.

SALVAT, B., 1964. — Prospections faunistiques en Nouvelle-Calédonie dans le cadre de la mission d'études des récifs coralliens. *Cahiers du Pacifique*, 6 : 77-119.

SANTISTEBAN, C., 1981. — Petrologia y sedimentologia de los materiales del Mioceno superior de la Cuenca de Fortuna (Murcia), a la luz de la teoria de la crisis de salinidad. *Tesis Doct. Univ. Barcelona*, 725 p.

SANTISTEBAN, C. & TABERNER, C., 1983. — Shallow marine and continental conglomerates derived from coral reef complexes after dessication of a deep marine basin : the Tortonian-Messinian deposits of the Fortuna Basin, S.E. Spain. *J. geol. Soc. London*, **140** : 401-411.

SAVIN, S. M., DOUGLAS, R. G. & STEHLI, F. G., 1975. — Tertiary marine paleotemperatures. *Geol. Soc. America Bull.*, **86** : 1499-1510.

SCHRADER, H., 1982. — Diatom biostratigraphy and laminated diatomaceous sediments from the Gulf of California Deep Sea Drilling project Leg 64. *In* CURRAY J. R., MOORE D. G. *& al.*, " Initial Reports of the Deep sea Drilling Project ", 64 (2) : 973-981.

SCHUHMACHER, H., 1977. — L'univers inconnu des Coraux. *Elsevier Sequoia, Bruxelles*, Multiguide Nature, 18, 253 p.

SCHWARZBACH, M., 1961. — The climatic history of Europe and North America. *In* NAIRN A.E.M. Ed., " Descriptive palaeoclimatology ", *Interscience Publishers Inc. New York* : 255-291.

SCOTT, P. J. B., 1985. — Aspects of living coral associates in Jamaica. *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **5** : 345-350.

SELLWOOD, B. W., 1978. — Shallow water carbonate environments. *In* READING H. G., " Sedimentary Environments and facies ", *Blackwell Scientific Publ.* : 259-313.

SEMENENKO, V. N., 1979. — Correlation of Mio-Pliocene of the eastern Paratethys and Tethys. *Ann. Gèol. Pays Hellen.*, tome h. s., 3 : 1101-1111.

SEPTFONTAINE, M., 1983. — La formation du djebel Binet (Rif externe oriental, Maroc) : un dépôt « anté-nappes » d'âge miocène supérieur. Implications paléo-tectoniques. *Eclogae geol. Helv.*, **76** (3) : 581-609.

SHAKLETON, N. & KENNETT, J. P., 1975. — Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation : oxygen and carbon isotope analyses in D.S.D.P. Site 279, 277 and 281. *In* KENNETT J. P., HOUTZ R. E. *et al.*, " Initial Report of the Deep Sea Drilling Project ", **29** : 743-755.

SHINN, E. A., 1963. — Spur and groove formation on the Florida reef tract. *Journ. Sed. Petrol.*, 33 (2) : 291-303.

SHINN, E. A., HUDSON, J. H., ROBBIN, D. M. & LIDZ, B., 1981. — Spurs and grooves revisited : construction versus erosion Looe Key Reef, Florida. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, **1** : 475-483.

SMITH, F. G. H., 1972. — Atlantic reef corals. *Univ. Miami Press*, 164 p.

S. N. REPAL, 1952. — Le bassin néogène du Chélif. *19e Congr. Géol. Internat., monogr. région. (Algérie)*, (1), 16, 49 p.

SOLER, R., MARTÍNEZ, DEL OLMO, W., MEGÍAS, A. G. & ABEGER MONTEAGUDO, J. A., 1983. — Rasgos basicos del Neogeno del Mediterraneo español. *Mediterránea*, ser. Geol., 1 : 71-82.

SOLETANCHE, Entr., 1952. — Le barrage des Cheurfas. *19e Congr. géol. Internat., Alger, « La Géologie et les problèmes de l'eau en Algérie »*, **1** : 84-93.

SONNENFELD, P., 1975. — The significance of upper Miocene (Messinian) evaporites in the mediterranean sea. *Journal of Geology*, **83** (3) : 287-311.

SORBINI, L. & TIRAPELLE RANCAN, R., 1979. — Messinian fossil fish of the Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **29** : 143-154.

SOURNIA, A., 1982. — Calcification et production organique des récifs coralliens. *Oceanis*, **8** (4) : 319-328.

SQUIRES, D. F., 1959. — Coral and coral reefs in the Gulf of California. *Bull. Am. Mus. nat. hist.*, **118** : 371-438.

STANLEY, S. M., 1970. — Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca). *Geol. Soc. America Mem.*, 125, 296 p.

STCHEPINSKY, V., 1938. — Contribution à l'étude du Sahélien de Tunisie. *Mém. Soc. géol. France*, **16**, 2-3, n° 37 : 1-121.

STODDART, D. R., 1969. — Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biol. Rev.*, **44** : 443-498.

STURANI, C. & SAMPO, M., 1973. — Il Messiniano inferiore in facies diatomitica nel bacino terziario piemontese. *Mém. Soc. Geol. It.*, **12** : 335-358.

SUC, J. P., 1986. — Flores néogènes de Méditerranée occidentale. Climat et paléogéographie. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **10** (2) : 477-488.

SYMEONIDIS, N., PAPANIKOLAOU, D. & DERMITZAKIS, M., 1979. — Field Guide to the Neogene of Crete. *Publ. of the Department of Geology and Paleontology, University of Athens*, Série A, 32, 8 p.

TALTASSE, P., 1953. — Recherches géologiques et hydrologiques dans le Bassin lacustre de Fès-Meknès. *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 115, 300 p.

TAUECCHIO, P. & MARKS, P., 1973. — The Messinian deposits of the Chelif basin near El Asnam, Northern Algeria. *In* DROOGER C. W. Ed. " Messinian events in the Mediterranean ", *Kon. ned. Akad. Wetensch.* : 188-191.

TAYLOR, J. D., 1971. — Reef associated molluscan assemblages in the western Indian Ocean. *Symp. zool. Soc. Lond.*, **28** : 501-534.

TEMPÈRE, C., 1956. — Quelques applications des biofaciès à l'étude stratigraphique du Bassin néogène du Bas-Chélif (Algérie occidentale). *Bull. Soc. géol. France*, (6), 6 (6) : 727-732.

TENAILLE, M. & BURGER, J. J., 1952. — Le gisement pétrolier de Tliouanet. *19e Congr. Géol. Internat., Comptes rendus section 14*, 16 : 217-228.

TERMIER, H., 1936. — Études géologiques sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. Les terrains post-triasiques. *Notes et M. Serv. Mines et Carte géol. Maroc*, 33, 1 566 p.

THOMAS, G., 1985. — Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin du Bas-Chélif occidental durant le mio-plio-quaternaire. *Thèse Sciences, Pau*, 594 p.

THOMASSIN, B. A., 1974. — Soft bottom carcinological fauna

Source : MNHN, Paris

sensu lato on Tulear coral reef complexes (S. W. Madagascar) : distribution, importance, roles played in trophic food-chains and in bottom deposits. *Proc. 2nd Intern. Coral Reef Symposium 1, Great Barrier Reef Committee, Brisbane* : 297-320.

THOMASSIN, B. A., 1975. — Les récifs coralliens : écologie, perspectives d'aménagement et d'exploitation. *Conférence, Exposition, « Image de la Recherche CNRS », Marseille*, 16 p.

THOMASSIN, B. A., 1982. — Les récifs coralliens. *Le Courrier du CNRS*, **46** : 44-49.

THOMASSIN, B. A., 1984. — Les récits coralliens dans l'Indo-Pacifique ouest : grands types de construction et successions des phases d'édification. *Oceanis*, **10** (1) : 1-49.

THOMASSIN, B. A. & COUDRAY, J., 1981. — Presence of wide hardground areas on lagoonal bottoms of the coral reef complex of Noumea (SW New Caledonia). *Proc. 4th Intern. coral Reef Symp., Manila*, 1 : 512-522.

TILLOY, R., 1955. — Notice explicative de la Carte Géologique au 1/100 000 Fès-Ouest. *Notes et M. Serv. Géol. Maroc*, 109 *bis*, 35 p.

TROELSTRA, S. R., VAN DE POEL, H. M., MANUPUTTY, J. A., HUISMAN, R., GERLINGS, L. P. A. & DRONKERT, H., 1980. — Paleoecological changes in the latest Miocene of the Sorbas basin, S.E. Spain. *Géologie Méditerranéenne*, 7 (1) : 115-126.

TSIEN, H. H., 1981. — Ancient reefs and reef carbonates. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp., Manila*, 1 : 601-609.

TUCKER, M. E., 1985. — Shallow-marine carbonate facies and facies models. *In* BRENCHLEY P. J. & WILLIAMS B. P. J., " Sedimentology recent developments and applied aspects ", *Blackwell Scientific Publ.* : 147-169.

TURMEL, R. J. & SWANSON, R. G., 1976. — The development of Rodiguez Bank, a Holocene mudbank in the Florida reef tract. *Journ. Sed. Petrol.*, **46** (3) : 497-518.

TWENHOFEL, W. H., 1950. — Coral and other organic reefs in geologic column. *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, **34** (2) : 182-202.

UMBGROVE, J. H. F., 1947. — Coral reef of the east Indies. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **58** (8) : 729-778.

VACELET, J.,' 1984. — Les éponges dans les récifs actuels et fossiles. *Oceanis*, **10** (1) : 99-110.

VAN DE POEL, H. M., ROEP, T. B. & PEPPING, N., 1984. — A remarkable limestone breccia and other features of the mio-pliocene transition in the Agua Amargua Basin (S.E. Spain). *Géologie méditerranéenne*, 11 (3) : 265-276.

VAN GORSEL, J. T. & TROELSTRA, S. R., 1980. — Late Neogene climate changes and the Messinian salinity crisis. *Géologie méditerranéenne*, 7 (1) : 127-134.

VAN STRAELEN, V., 1934. — Les Crustacés Décapodes cénozoïques de l'Algérie. *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, 14 : 206-208.

VAN STRAELEN, V., 1936. — Sur quelques Crabes du Sahélien moyen des environs d'Oran (Algérie). *Bull. Soc. géol. France*, (5), **6** : 473-480.

VAN ZINDEREN BAKKER, E. M. & MERCER, J. H., 1986. — Major Late Cainozoic climatic events and palaeoenvironmental changes in Africa viewed in a world wide context. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **56** (3-4) : 217-236.

VASSEUR, P., 1981. — Recherches sur les peuplements sciaphiles des récifs coralliens de la région de Tuléar (SW de Madagascar). *Thèse Sciences, Aix-Marseille II*, 348 p.

VASSEUR, P., 1984. — Les peuplements sciaphiles des récifs coralliens de la région de Tulear (S.W. de Madagascar) : résultats synthétiques. *Oceanis*, **10** (1) : 51-83.

VASSEUR, P., 1985. — Études des peuplements sciaphiles sessiles des récifs coralliens de Polynésie française (Ile de Moorea et Atoll de Takapoto). *Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr., Tahiti*, **5** : 147-152.

VAUGHAN, T. V., 1919. — Corals and the formation of coral reefs. *Ann. Rep. Smithsonian Inst. 1917* : 189-276.

VATAN, A., 1967. — Manuel de Sédimentologie. *Éd. Technip*, Paris, 397 p.

VERGNAUD-GRAZZINI, C., VAN DER ZWAAN, G. J., IACCARINO, S. & GUDJONSSON, L., 1985. — Mediterranean climate and hydrology since the Late Miocene oxygen and carbon isotope records. *7e Congr. Néogène Méditerranéen, Budapest*, Résumés p. 602-603.

VERNETTE, G., 1985. — La plate-forme continentale caraïbe de Colombie (du débouché du Magadalena au golfe de Morrosquillo). Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. *Thèse Sciences Bordeaux I*, 318 p.

VILLE, 1857. — Notice minéralogique sur les provinces d'Oran et d'Alger.

VOGEL, K., 1963. — Riff, Bioherm, Biostrom. Versuch einer Begriffserklärung. *Neues Jahrb. Geol. Paläont. Montasch.*, **12** : 680-688.

VÖLK, H. R., 1966. — Riffbildung im Jungtertiär der Betischen Kordilleren (Südostspanien). *Proc. C.M.N.S. Berne 1964* : 250-253.

WALKER, K. R., 1972. — Trophic analysis : a method for studying the function of ancient communities. *Journal of Paleontology*, **46** (1) : 82-93.

WALKER, K. R. & BAMBACH, R. K., 1974. — Feeding by benthic invertebrates : classification and terminology for paleoecological analysis. *Lethaia*, 7 : 67-78.

WARME, J. E., 1977. — Carbonate borers. Their role in reef ecology and preservation. *Am. Assoc. Petr. Geol., Studies in Geology*, 4 : 261-279.

WEISGERBER, F.,1978. — Stratigraphie et sédimentologie du Miocène terminal et du Pliocène inférieur au Sud de Chypre : la bordure méridionale du massif du Troodos. *Diplôme Inst. Fr. Pétrole ENSPM*, réf. 26194, 175 p.

WELSCH, J., 1893. — Sur les calcaires de l'Oued Riou (Inkermann, Algérie). *C. R. Somm. Soc. Géol. France* : 142-144.

WERNLI, R., 1979.— Le « Messinien » marocain et la crise de salinité en Méditerranée. *Mines, Géologie et Énergie, Rabat*, 46 : 35-36.

WERNLI, R., 1980. — Le Messinien à *Globorotalia conomiozea* (Foraminifère planctonique) de la côte méditerranéenne marocaine. *Eclogae geol. Helv.*, 73 (1) : 71-93.

WERNLI, R., 1987. — Micropaléontologie du Néogène post-nappes du Maroc septentrional et description systématique des Foraminifères planctoniques. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, 331 (prétirage chez l'auteur).

WILDI, W., 1983. — La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc,

Source : MNHN, Paris

Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Revue de Géologie dynamique et de Géographie physique*, **24** (3) : 201-297.

WIENS, H. J., 1971. — Atoll environment and ecology. *Yale Univ. Press*, 532 p.

WILSON, J. L., 1975. — Carbonate facies in geologic history. *Springer Verlag, Berlin*, 471 p.

WIMAN, S. K. & MCKENDREE, W. G., 1975. — Distribution of *Halimeda* plants and sediments on and around a patch reef near Old Rhodes Key, Florida. *Journ. Sed. Petrol.*, **45** (2) : 415-421.

YAKANOVITCH, A. N., 1985. — The correlation of the reef formations of Moldavia with the Mid-Miocene deposits of other regions of the Central Paratethys. *7e Congr. Néogène Méditerranéen, Budapest*, Résumés p. 622-623.

YONGE, C. M., 1951. — La forme des récifs de corail. *Endeavour*, **10**, 39 : 136-144.

YONGE, C. M., 1973. — The nature of reef-building (Hermatypic) corals. *Bull. Marine Sci.*, **23** (1) : 1-15.

ZANKL, H., 1972. — Interaction of genetic processes in Holocene reefs of North Eleuthera Island, Bahamas. *Geologische Rundschau*, **61** (2) : 520-541.

ZULLO, V. A., 1961. — A new subgenus and species of coral-inhabiting barnacle from Gulf of California. *The Veliger*, **4** (2) : 71-75.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

INDEX SYSTÉMATIQUE

Liste des espèces reconnues dans les récifs coralliens du miocène supérieur d'Algérie et du Maroc

FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

Textularia pseudorugosa Lacroix, 1931, *40, 249*
Textularia holkyordi Lalicker, 1935, *72, 249*
Textularia orticulata d'Orbigny, 1846, *58, 72, 249*
Dorothia gibbosa (d'Orbigny, 1826), *52, 249*
Vaginulina legumen (Linné, 1758), *204*
Sphaeroidina bulloides d'Orbigny, 1826, *204*
Spiroloculina dilatata d'Orbigny, 1846, *40, 249*
Quinqueloculino triangularis d'Orbigny, 1846, *40, 249*
Quinqueloculino laevigata d'Orbigny, 1839, *74, 249*
Cycloforino cf. *condeiana* (d'Orbigny, 1839), *40, 249*
Cycloforina cf. *rugosa* (d'Orbigny, 1852), *40, 249*
Cycloforina contorta (d'Orbigny, 1846), *44, 250*
Pyrgo bulloides (d'Orbigny, 1826), *40, 250*
Pyrgo oblongo (d'Orbigny, 1839), *72, 250*
Triloculina cf. *marioni* Schlumberger, 1893, *40, 250*
Triloculino tricarinota d'Orbigny, 1826, *40, 250*
Triloculina trigonula (Lamarck, 1804), *40, 72, 250*
Triloculina angularis d'Orbigny, 1850, *40, 58, 72, 250*
Sinuloculina consobrina (d'Orbigny, 1846), *44, 58, 72, 250*
Sinuloculina nitens (Reuss, 1850), *72, 250*
Borelis melo (Fichtel & Moll, 1798), *58, 71, 72, 74, 75, 250, 251, 313*
Guttulina irregularis (d'Orbigny, 1846), *52, 250*
Guttulina problema d'Orbigny, 1826, *52, 250*
Bolivino cf. *scalprata miocenica* Macfadyen, 1937, *52, 250*
Bolivina apenninica Barbieri & Mosna, 1964, *58, 143, 250*
Uvigerina peregrina Cushman, 1923, *52, 250*
Reussella spinulosa (Reuss, 1850), *58, 143, 250*
Concris auriculus (Fichtel & Moll, 1803), *40, 250*
Cancris sagra communis Cushman & Todd, 1942, *40, 52, 250*
Asterigerina planorbis d'Orbigny, 1846, *58, 72, 74, 143, 250*
Asterigerina carinato d'Orbigny, 1839, *74, 250*
Neoponides schreibersii (d'Orbigny, 1846), *204*
Cibicides boueonus (d'Orbigny, 1846), *40, 52, 143, 250*
Cibicides lobatulus (Walker & Jacob, 1798), *40, 52, 58, 72, 74, 143, 250*
Planorbulina mediterranensis d'Orbigny, 1826, *40, 250*
Rotalia granulata (Di Napoli, 1952), *40, 52, 250*
Ammonito beccarii (Linné, 1758), *40, 44, 52, 58, 72, 249, 250*
Ammonia punctato-granosa (Seguenza, 1880), *40, 44, 52, 58, 72, 74, 249, 250*
Elphidium aculeatum (d'Orbigny, 1846), *74, 250*
Elphidium cf. *advenum* (Cushman, 1922), *40, 250*
Elphidium cf. *antoninum* (d'Orbigny, 1846), *52, 250*
Elphidium crispum (Linné, 1767), *40, 52, 58, 72, 74, 143, 249, 250*
Elphidium fichtelianum (d'Orbigny, 1846), *40, 52, 58, 143, 250*
Elphidium hughesi (Cushman & Grant, 1927), *52, 250*
Elphidium gr. *macellum* (Fichtel & Moll, 1798), *40, 44, 52, 58, 72, 74, 143, 250*
Elphidium rugosum (d'Orbigny, 1846), *52, 250*
Elphidium glabratum (Cushman, 1939), *58, 250*
Elphidium subumbilicatum (Czjzek, 1848), *44, 72, 250*
Elphidium cf. *minutum* (Reuss, 1864), *44, 250*
Protelphidium granosum (d'Orbigny, 1846), *40, 44, 58, 143, 250*
Nonion boueonum (d'Orbigny, 1864), *40, 250*
Nonion commune (d'Orbigny, 1825), *40, 72, 143, 249, 250*
Heterolepa dertonensis (Ruscelli, 1954), *72, 143, 250*
Heterolepa simplex Franzenau, 1884, *40, 250*
Rosolina globularis d'Orbigny, 1826, *58, 250*
Globulina gibbo d'Orbigny, 1826, *58, 74, 250*
Amphistegina lessonii d'Orbigny, 1826, *220, 249*

MADRÉPORAIRES

Favites aff. *neugeboreni* (Reuss), *213, 229*
Torbellastraea reussiana (Milne Edwards & Haime, 1850), *41, 51, 52, 63, 72, 73, 74, 75, 154, 169, 210, 211, 213, 216, 229, 241, 242, 274*
Tarbellastroeo eggenburgensis (Kuhn, 1925), *229, 230*
Siderastroeo crenulata (Golfuss, 1826), *63, 73, 74, 125, 183, 186, 187, 192, 229, 230*
Siderastraea miocenica Osasco, 1897, *167, 213, 218, 229, 230*
Porites labataespita Chevalier, 1961, *37, 39, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 60, 63, 65, 91, 104, 107, 143, 151, 157, 184, 192, 204, 208, 209, 210, 214, 216, 229, 230, 233, 237, 238, 239, 241, 242, 244, 259, 274, 275, 278, 313*
Porites calabricae Chevalier, 1961, *37, 41, 46, 47, 48, 51, 52, 60, 63, 86, 104, 107, 143, 150, 151, 153, 192, 229, 230, 241, 242, 244, 274*
Porites aff. *colleginna* Michelin, 1842, *68, 71, 72, 73, 74, 89, 183, 229, 230, 244*

BRYOZOAIRES

Tervia irregularis (Meneghini, 1845), *213*
Entalophora proboscidea (Milne Edwards, 1838), *252*
Diaperoecia inajor (Johnston, 1847), *41, 52, 252*
Plagioecia patino (Lamarck, 1816), *52, 252*
Plagioecia sarniensis (Norman, 1864), *41, 252*
Lichenopora cf. *echinulota* (Reuss, 1848), *41, 52, 251, 252*
Lichenopora grignonensis (Milne Edwards, 1838), *41, 52, 252*
Lichenopora mediterranea de Blainville, 1834, *213, 252*
Lichenoporo prolifera (Reuss, 1848), *213*

Source : MNHN, Paris

Biflustra savarti (Audouin, 1826), *252*
Aplousina bobiesi (David & Pouyet, 1974), *41, 52, 124, 144, 252*
Tremogasterina catenularia Moissette, 1983, *52, 251, 252, 261*
Onychocella angulosa (Reuss, 1848), *52, 144, 214, 252*
Micropora coriacea (Johnston, 1847), *252*
Cafarrtia nobilis (Esper, 1796), *41, 52, 128, 144, 252*
Steginaporella montenati David & Pouyet, 1972, *252*
Scrupocellaria elliptica (Reuss, 1848), *52, 252*
Cribrilaria aff. *radiata* (Moll, 1803), *41, 52, 252*
Figularia figularis (Johnston, 1847), *41, 252*
Chorizopora brongniarti (Audouin, 1826), *52, 252*
Umbonula endlicheri (Reuss, 1848), *252*
Umbonula monoceros (Reuss, 1848), *41, 52, 252*
Hippopleurifera sulcimargo (Reuss, 1848), *52, 252*
Schizoporella geminipora (Reuss, 1848), *252*
Schizoporella longirostris Hincks, 1896, *41, 52, 252*
Escharina vulgaris (Moll, 1803), *41, 52, 251, 252*
Hippodiplosia linearis Moissette, 1988, *52, 252*
Schismoporella acutifera ? (Canu & Lecointre, 1925), *41, 52, 252*
Schizomavella linearis (Hassall, 1841), *41, 252*
Buffonellodes incisa (Reuss, 1874), *52, 252*
Stephanosella entomostoma (Reuss, 1848), *252*
Escharoides coccinea (Abildgaard, 1806), *252*
Microporella ciliata (Pallas, 1766), *52, 252*
Calloporina decorata (Reuss, 1848), *52, 252*
Escharella reussiana (Busk, 1859), *252*
Poxella cervicornis (Pallas, 1766), *214*
Smittina canavarii (Neviani, 1900), *252*
Margaretta ceroides (Ellis & Solander, 1786), *252*
Schizotheca fissa (Busk, 1856), *41, 252*
Cheiloporina campanulata (Cipolla, 1921), *251, 52*
Cryptosula pallasiana (Moll, 1803), *52, 252*
Hippopodinella lata (Busk, 1856), *252*
Celleporaria palmata (Michelin, 1847), *252*
Celleporina costazi (Audouin, 1826), *41, 52, 118, 144, 252*
Turbicellepora coronopus Wood, 1844, *144, 252*
Myriapora truncata (Pallas, 1766), *41, 252*

BIVALVES

Arca (Arca) noae Linnè, 1758, *68, 72, 87, 107, 118, 137, 177, 184, 253, 254, 262, 270*
Barbatia (Barbatia) barbata (Linnè, 1758), *39, 41, 52, 63, 68, 72, 74, 107, 118, 129, 150, 177, 184, 209, 253, 254, 262, 270*
Barbatia (Barbatia) subhelbingi (d'Orbigny, 1852), *68, 72, 199, 254, 262, 270*
Acar clathrata (Defrance, 1816), *52, 63, 68, 72, 74, 150, 199, 213, 253, 254, 262, 270*
Anadara (Anadara) turonica (Dujardin, 1837), *46, 66, 72, 76, 86, 106, 107, 125, 134, 138, 143, 176, 184, 199, 253, 254, 262, 270*
Striarca (Galactella) lactea (Linnè, 1758), *41, 52, 72, 76, 254, 270*
Glycymeris (Glycymeris) bimaculata (Poli, 1793), *56, 72, 74, 86, 87, 134, 143, 176, 184, 254, 270*
Mytilus cf. *scaphoides* Bronn, 1831, *72, 254, 270*
Mytilus (Mytilus) aff. *galloprovincialis* Lamarck, 1819, *72, 254, 270*
Modiola adriatica (Lamarck, 1819), *72, 254, 270*
Isognomon (Hippochaeta) maxillatus (Lamarck, 1801), *56, 68, 72, 86, 87, 192, 209, 253, 254, 270*
Botula fusca (Gmelin, 1791), *41, 63, 66, 68, 72, 76, 86, 125, 129, 138, 150, 199, 209, 253, 254, 262, 270*
Lithophaga (Lithophaga) lithophaga (Linnè, 1758), *41, 43, 52, 63, 66, 68, 72, 74, 76, 80, 86, 87, 91, 143, 149, 153, 169, 177, 184, 199, 209, 213, 253, 254, 262, 270*
Gregariella aff. *neuvillei* (Cossmann & Peyrot, 1914), *41, 52, 254*
Chlamys (Mymachlamys) pusio (Linnè, 1758), *41, 52, 56, 58, 63, 68, 72, 74, 76, 86, 91, 107, 125, 129, 134, 138, 143, 150, 167, 176, 177, 180, 184, 199, 204, 209, 213, 253, 254, 262, 270*
Chlamys (Chlamys) cf. *varia* (Linnè, 1758), *180, 254*
Chlamys (Manupecten) hinuafelis (Almera & Bofill, 1897), *41, 52, 56, 58, 67, 68, 72, 74, 86, 125, 150, 253, 254, 262, 270*
Aequipecten senensis (Lamarck, 1819), *41, 46, 52, 63, 66, 72, 86, 87, 134, 138, 177, 184, 192, 254, 270*
Aequipecten opercularis (Linnè, 1758), *68, 254, 262*
Gigantopecten latissimus (Brocchi, 1814), *86, 91,* 126, 254, 262
Flabellipecten fraterculus (Sowerby in Smith, 1841), *86, 138, 254*
Pecten (Pecten) hiparitus (Foresti, 1876), *86, 254*
Pecten (Pecten) benedictus (Lamarck, 1819), *46, 91, 138, 178, 254*
Pecten (Oppenheimopecten) aduncus (Eichwald, 1830), *41, 68, 72, 86, 106, 125, 138, 143, 253, 254, 262*
Spondylus (Spondylus) gaederopus Linnè, 1758, *41, 52, 56, 68, 72, 138, 150, 253, 254, 262*
Spondylus (Spondylus) crassicosta Lamarck, 1819, *86, 91, 254*
Spondylus (Spondylus) concentricus Bronn, 1831, *138, 143, 253*
Lima (Lima) lima (Linnè, 1758), *41, 52, 66, 67, 68, 72, 74, 86, 106, 107, 120, 125, 138, 253, 254, 262, 270*
Limaria (Limaria) tuberculata (Olivi, 1815), *41, 72, 254, 270*
Anomia (Anomia) ephippium Linnè, 1758, *41, 150, 254, 263*
Neopycnodonta navicularis (Brocchi, 1814), *87, 138, 140, 143, 254*
Ostrea lamellosa Brocchi, 1814, *39, 41, 44, 46, 47, 48, 52, 66, 68, 86, 91, 123, 134, 138, 149, 150, 180, 192, 254, 262*
Ostreola stentina (Payraudeau, 1826), *41, 43, 52, 138, 254, 262*
Hyotissa hyotis (Linnè, 1758), *31, 41, 43, 52, 192, 253, 254, 262*
Linga (Linga) columbella (Lamarck, 1818), *66, 68, 74, 107, 118, 125, 143, 253, 255*
Codakia (Ctena) decussata (Costa, 1829), *66, 72, 74, 91, 107, 118, 120, 125, 134, 143, 177, 184, 209, 253, 255, 263, 270*
Diplodonta (Diplodonta) rotundata (Montagu, 1803), *41, 58, 72, 74, 118, 125, 138, 143, 177, 184, 199, 253, 255, 263, 270*
Loripes (Loripes) lacteus (Linnè, 1758), *134, 255*
Chama (Chama) gryphoides (Linnè, 1758), *41, 72, 74, 87, 106, 107, 150, 169, 177, 184, 199, 255, 263, 270*
Pseudochama (Pseudochama) gryphina (Lamarck, 1819), *72, 138, 255, 270*
Cardita (Cardita) calyculata (Linnè, 1758), *68, 72, 74, 107, 125, 150, 255, 270*
Cardita (Cardita) vindobonensis (Sacco, 1899), *56, 87, 192, 255*
Cardita (Cardita) cf. *partschi* (Goldfuss, 1837), *74, 255*

Source : MNHN, Paris

Cardites antiquatus (Linné, 1758), *68, 72, 134, 143, 255, 263, 270*
Glans (Glans) intermedia (Brocchi, 1814), *72, 86, 125, 255, 270*
Plagiocardium (Papillicardium) papillosum (Poli, 1781), *41, 255*
Acanthocardia (Acanthocaria) aculeata (Linné, 1758), *68, 134, 143, 255*
Acanthocardia (Acanthocaria) echinata (Linné, 1758), *134, 255*
Lutraria (Lutraria) angustior (Philippi, 1844), *66, 68, 72, 74, 255, 270*
Tellina (Peronaea) planata (Linné, 1758), *68, 72, 118, 143, 177, 184, 199, 255, 270*
Arcopagia (Arcopagia) crassa (Pennant, 1777), *72, 134, 255, 270*
Gastrana fragilis (Linné, 1758), *41, 52, 68, 72, 107, 125, 138, 150, 176, 209, 255, 270, 274*
Leparimetis papyracea (Gmelin, 1791), *72, 150, 253, 255, 270*
Venus (Ventricoloidea) multilamella (Lamarck, 1818), *41, 63, 68, 72, 74, 86, 87, 107, 118, 125, 134, 143, 180, 184, 253, 255, 263, 270*
Periglypta miocaenica (Michelotti, 1847), *68, 72, 199, 209, 210, 255, 270*
? Pelecyora (Cordiopsis) islandicoides (Lamarck, 1818), *41, 72, 86, 255, 270*
Dosinia (Pectunculus) exoleta (Linné, 1758), *41, 72, 74, 125, 134, 176, 177, 184, 199, 255, 270*
Dosinia (Pectunculus) orbicularis (Agassiz, 1745), *72, 255, 270*
Paphia (Callistotapes) vetula (Basterot, 1825), *72, 74, 86, 87, 106, 134, 143, 253, 263, 270*
Tapes (Ruditapes) basteroti (Mayer *in* Cossmann & Peyrot, 1911), *72, 74, 125, 143, 255, 263, 270*
Lajonkairia rupestris (Brocchi, 1814), *41, 255*
Corallliophaga lithophagella Lamarck, 1819, *72, 255, 270*
Caryocorbula cocconii (Fontanes, 1881), *72, 255, 270*
Gastrochaena (Rocellaria) dubia (Pennant, 1777), *72, 255, 270*
Hiatella (Hiatella) arctica (Linné, 1767), *41, 255*
Panopea (Panopea) menardi (Deshayes, 1829), *72, 87, 189, 192, 255, 270, 274*
Jouannetia (Jouannetia) tournoueri Locard, 1877, *41, 43, 52, 66, 68, 72, 74, 87, 125, 150, 153, 199, 213, 253, 255, 263, 270*

GASTÉROPODES

Haliotis cf. *tuberculata* Linné, 1758, *41, 43, 53, 58, 68, 72, 76, 86, 107, 125, 143, 150, 177, 184, 199, 256, 257, 263*
Clanculus (*Clanculus*) cf. *cruciatus* Linné, 1766, *41, 53, 72, 125, 143, 150, 256, 257, 263*
Nerita emiliana Mayer, 1872 *martiniana* Matheron, 1842, *41, 256*
Rissoina cf. *bruguierei* Payraudeau, 1826, *213, 256*
Turritella unicarinata Cerulli-Irelli, 1912, *41, 256*
Turritella subarchimedis d'Orbigny, 1852, *41, 66, 68, 107, 209, 213, 256*
Turritella cf. *terebralis* Lamarck, *41, 68, 72, 256*
Thericium vulgatum (Bruguière, 1792), *42, 43, 52, 58, 60, 66, 72, 87, 107, 125, 134, 138, 151, 177, 184, 256, 257, 263*
Granulolabium bicinctum (Brocchi, 1814), *151, 256*
Cerithiella (Cerithiella) exbicarinata Sacco, 1895, *42, 52, 58, 107, 177, 184, 213, 256*
Niso terebellum (Dillwyn, 1817), *150, 256*
Strombus coronatus Defrance, 1827, *41, 53, 68, 72, 86, 150, 151, 256, 257, 263*
cf. Cymatium (*Lampusia*) *affine* (Deshayes), *68, 72, 74, 91, 134, 257*
Columbella (*Atilia*) cf. *fallax* Hörnes & Auinger, *74, 107, 257*
Cymbium cf. *pepo* Lightfoot, 1786, *72, 150, 256, 257, 264*
Conus (*Lithoconus*) *mercati* Brocchi, 1814, *63, 66, 72, 87, 91, 151, 256, 257, 264*
Conus (*Chelyconus*) *puschi* Michelotti, 1847, *74, 151, 256, 257*
Conus (*Chelyconus*) cf. *vindobonensis* Partsch, *41, 93, 107, 257*
Conus (*Conolithus*) cf, *dujardini* Deshayes, 1845, *74, 125, 257*
cf. Terebra (*Subula*) *fuscata* (Brocchi, 1814), *41, 257*

ÉCHINODERMES

Schizechinus ducici (Wright, 1855), *42, 192, 258, 264*
Psammechinus subrugosus Pomel, 1887, *72, 74, 258, 264*
Oligophyma aff. *oranensis* Pomel, 1887, *138, 258*
Brissus unicolor (Leske, 1778), *68, 125, 258, 264*
Schizaster cf. *saheliensis* Pomel, 1885, *258*
Echinolampas hemisphaerica (Lamarck, 1816), *87, 192, 258*
Echinoneus lorioli (Simonelli, 1889), *87, 258*
Clypeaster ex gr. *scillae* Desmoulins, 1837, *192, 258*
Clypeaster reidii Wright, *192, 258*

CRUSTACÉS OSTRACODES

Cytheridea acuminata Bosquet, 1852, *41, 52*
Senesia ? aff. *triangularis* (Dertli, 1956), *41, 52*
Mutilus gr. *retiformis* (Terquem, 1878), *41*
Mutilus gr. *cymbaeformis* (Seguenza, 1883), *41*
Tenedocythere salebrosa (Vliczny, 1969), *41, 52, 74*
Pachycaudites ungeri (Reuss, 1850), *41*
Pachycaudites H-scripta (Capeder, 1900), *41*
Acanthocythereis hystrix (Reuss, 1850), *41*
Hermanites aff. *haidingeri* (Reuss, 1850), *41*
Ruggiera tetraptera (Seguenza, 1880), *41, 74*

CRUSTACÉS CIRRIPÈDES

Creusia araniensis Moissette & Saint Martin, 1982, *42, 43, 53, 58, 68, 72, 74, 80, 86, 125, 143, 150, 153, 199, 201, 204, 209, 213, 220, 259, 261, 275*
Balanus (*Balanus*) *concavus* Bronn, 1831, *42, 259*
Balanus (*Balanus*) *perforatus* Bruguière, 1789, *42, 259*
Balanus (*Balanus*) *amphithrite* Darwin, 1854, *42, 259*

CRUSTACÉS DÉCAPODES

Dromia cf. *neogenica* Müller, 1979, *42, 53, 259, 260, 261*
Daira speciosa (Reuss, 1871), *48, 53, 149, 150, 199, 213, 259, 260, 261*
« Actaea » calzadai Müller, 1984, *125, 138, 259, 260, 261*
Xantho cf. *moldavicus* Ilanakevitch, 1977, *259, 260*
Lachnopodus murdjadjensis Saint Martin & Müller, 1988, *107, 259, 261*

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

INDEX THÉMATIQUE & GÉOGRAPHIQUE

Cht : Chabet ; Dj. : Djebel ; Kt : Koudiet ; O. : Oued
Les noms géographiques sont en italique

A

Aazia 187
Abboutene 169
Accident du Tizi n'Tretten 204
Agourai 195, 215, 244
Ahermoumou 211
Ahmar bel Allouti 104, 108, 109
Ahoun (Cht) 103
Ain Agourar 196
Ain Beida 60
Ain bel Hadef 118
Ain ed Dehanne 89, 240, 259, 260
Ain el Arba 67
Ain el Berd 148, 149, 239
Ain el Bergoug 196
Ain Kial 43
Ain Lorma 195, 199, 200
Ain Meddah 89
Ain Merira 85, 87
Ain Ouata 203, 206, 207
Ain Oumata 148, 151, 239, 258, 260, 273, 274, 304, 305
Ain Temouchent 69, 267, 293
Ain Tenikrent 67
Ain Trid 113, 148
Ain Zitoun 48, 49
Ain Zorah 222
Akroun (Cht) 145 146, 147
Akt el Mahdi (Cht) 130, 131, 132, 133, 135
Alicante 311, 314
Almeria 311
Ammar (Dj.) 88
Aoud Sma (Dj.) 130, 132, 133, 140, 273, 274
Arbaa de Taourirt 222
Arbal 111, 117, 128, 304, 305
Arham Amellal 211, 212, 214, 238, 239, 243, 252, 258, 260, 304, 305
Artcha (Cht) 115, 118, 147

B

Bahlil 210, 205
Baléares 311, 312
banc (corallien, récifal) *61, 80, 155, 156, 302, 305, 307*
« banquettes » *89, 92*
Bechna (O.) 211
Beida (Cht) 103
Ben Derebine (Cht) 89, 258, 260
Ben Djouane (Dj.) 145
Benejuzar 314, 319
Beni Chougrane 113, 115, 136, 144, 155, 159, 300, 304, 305, 306
Beni Khaled 62, 63
Beni Ouarsous 31, 44, 156, 158, 242, 244, 301, 304, 305
Beni Saf 31, 58, 62, 63, 156, 238, 244, 304, 305
Beni Said 167
Beni Touzine 167
Betone ech Chems 222
Binet (Dj.) 222
biocénoses récifales *278, 279, 281*
bioérosion *265, 275, 279*
bioimmuration *265, 278*
Bir Allouna 203, 204, 205, 251
Bir Tam Tam 201, 208, 215, 238, 244, 260, 304, 305
Bled el Gaada 93
Bled es Safah 65, 258
Bled Haoud el Kerma 150
Bled Keroulis 77, 79
Bled Messahia 80
Bled Mokabra el Beida 60
Bled Ouled Boudjema 67, 258
Bled Sidi ben Knadil 140, 142, 258, 260
Bled Tessamamine 65
Bled Tigoulmamine 206
Boudinar 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 181, 224, 225, 229. 239, 244, 288, 304, 305, 310
Bou Djebaa 148, 150, 151, 156, 238, 256, 295, 304, 305
Bougarninas 63, 67
Boughioul 203, 205, 207, 240, 244, 260, 304, 305
Bou Hanifia 65
Bou Henni 145
Bou Knadil (Kt) 54, 55
Bou Nadour (Kt) 46
Bounafa (Kt) 205, 206, 207
Bourdjia (Dj.) 149
Bou Seter (Cht) 118, 119, 120, 122, 123, 147, 306
Bou Tayeb 208
Bou Tleils 99, 104, 109
Bou Yakor (Cht) 100, 108
Bou Zadjar 83, 240, 244, 288
Bou Ziri (Dj.) 144, 145, 159
brouteurs *267, 277*

Source : MNHN, Paris

C

Cap Figalo 29, 81, 83, 85, 87, 91, 158, 230, 244, 258, 259, 271, 304, 305
carnivores *267*
Cartennien *29, 31, 154*
cavitaires *40, 66, 265, 271, 276, 277*
cavités *277*
Chairet (Dj.) 208
chaîne trophique *266, 275*
Chegga (Dj.) 124, 125
Chelif (bassin du) 29, 30, 111, 145, 243, 293, 294, 297, 310
Cheurfas 111, 113, 148, 152, 304, 305
chou-fleur (colonies en) *104, 211, 212, 232*
Chypre 311, 312, 313
colonisation *48, 50, 191*
commensal *267*
commensalisme *259, 267, 279*
compétition *240, 241*
Complexe chaotique de Beni Saf *63*
confinement *110, 111, 159, 181, 186, 286, 287, 291, 292, 293, 309, 314, 315*
Corse 312
Couches rouges de la Tafna *36, 65*
Crête 311, 312, 313
crête algale *234, 244, 279*
crise (messinienne de salinité) *158, 159, 225, 285, 286, 287, 291, 292, 299, 320*
Cuevas de los Porites 176

D

Dahlia (Cht) 101
Dahra (massif) 154
Dar bel Hamri 194
déformations synsédimentaires *156, 301*
dépositivores *267*
détritivores *267*
Dhar el Amar (Dj.) 142
Dhordane (Kt) 54
diatomites *83, 93, 94, 97, 100, 103, 114, 117, 118, 119, 120, 128, 137, 142, 146, 150, 155, 170, 288, 289, 290, 302, 305*
diatomitique *83, 92, 93, 96, 99, 100, 102, 103, 104, 117, 118, 119, 120, 123, 128, 130, 134, 137, 142, 145, 146, 147, 158, 166, 167, 170, 173, 174, 181, 288, 289, 290, 292, 293, 299*
Dirk (Cht) 103, 108
Djelloul (O.) 55
Djenaine Meskine 128, 129, 248, 304, 305
Dkukcha (Cht) 203
Douar Abadla 146
Douar Chentouf 77
Douar er Rouiba 93
Douar Sahilia 129
Douar Sidi bou Azza 69, 73, 244, 252, 258, 260, 274
Douar Stout 208
Douira (Cht) 130, 132, 133, 134, 135
Douissiane (Dj.) 35
Dra Sidi Saada 216, 217

E

Ech Chaabiyine 89
El Abadla (Kt) 54, 55
El Aderj 211
El Bel (Cht) 63
Elche 261, 313
El Knane 129
El Koulla 179
El Ksar (Dj.) 128
El Leham (Cht) 77, 80
El Mahdjoub (Kt) 146
El Malah 77, 80, 304, 305
El Menzel 208, 210, 238, 244, 304, 305
El Ouata 205, 206, 210, 215, 304, 305
endobenthos *265*
endobiontes *266, 267*
endofaune *274*
endostromatolithes *80, 169, 177*
endostromatolithique *106*
En Nemeur (Cht) 98
ensemble colonial *231, 233*
excavateurs *277*
éperons-sillons *106, 234, 306*
épibenthos *265*
épibiontes *265, 266, 267, 278*
épibiose *278*
épibyssaux *268, 269, 271*
épifaune *267, 274*
épilithes *40, 66, 184, 267, 271, 274, 276*
eustatisme *296, 315*

F

Feid el Ateuch 36, 58, 64, 65
Fès 194, 201, 202, 238, 242, 251, 253, 260, 276
figure d'expulsion *107, 137, 140*
foreurs *267, 271, 274, 275, 276, 277*
Fortuna 261, 309, 312, 313
fouisseurs *40, 66, 93, 106, 266, 267, 271, 276*
Four à Chaux d'Oran 104
front récifal *37, 42, 88, 93, 101, 104, 110, 120, 155, 176, 177, 183, 189, 243, 306, 312, 315*

G

Gabes (golfe de) 311, 313
Giraud (ferme) 104, 108
glissements syndédimentaires *97, 107 120, 157*
Gourougou 171, 173, 178, 179
Grabis (Dj.) 124
Grenade 311, 312
Guadix 312
Guercif 216, 218, 225, 296

H

Haddouba (O.) 179, 180
Hallouf (O.) 69, 73, 76, 304, 305

Source : MNHN, Paris

Hammar el M'Gais 89, 91
Hammar es Sefat 129, 130
Hammar Kazi 118
Hammar Rhar Mestoura 129
Hammar Semmoumet 136, 138, 140, 141, 147, 156, 258, 278
Hamza et Naach 186
Haouariya (Dj.) 67
Hasst el Ghela 93
head *39, 232*
Hermachia (Dj.) 46
Honaine 153
hydrodynamisme *234, 237, 239, 241, 245, 287, 308*

I

Ibenhadoussene 174
Iberkanene 186
Idôrhôtsene 174, 177
Ifâhsiyine 177, 178, 184
Ifounassene 174, 177, 179, 181
Ihoudi (O.), 203, 204, 205, 215
Irhzâzene 174
Irhzer Aich 189, 190, 191
Irhzer Aissa 189
Irhzer Tirhâzrine 179
Irhzer Tirhza 170
Israël 311, 312, 313
Italie 311, 312, 313
Izarorene 289

K

Kaitone (Dj.) 200
Kariet Arekman 187
Karouba (ferme) 99
Karrouch (Dj.) 149
Kebdana 163, 165, 166, 186, 187, 190, 191, 192, 224, 225, 229, 238, 239, 242, 243, 244 258, 274, 304, 305, 307
Kell (O.), 195, 196, 197, 198, 200, 215, 239, 259, 260, 304, 305
Keroulis (Dj.) 31, 77, 244, 245, 304, 305
Kert (O.) 171
Kert 163, 165, 222, 289
Kourâia (Dj.) 83, 89, 91, 304, 305

L

lagon *155, 234, 279, 306, 310, 312, 315*
La Laila 60
La Plâtrière 60
Lagtouta 46
Livournois 311
Larca 261, 313
luminosité *233, 234, 239*

M

Maadja 150
Maazouz (Dj.) 91, 158
Maghnia 154, 222, 296
Mahgoun (Cht) 145, 146
Malah (O.) 77, 79
Malte 311, 312, 313
marnes beiges pliocènes *60*
Marsa ben Mehidi 33
Matara (Dj.) 142
Matmora (Cht) 98
maturité *155, 156, 234, 302, 315*
Mebtouh (O.) 147, 150, 152
Mechkar 214
Medouar (O.) 178, 233, 234, 236
Meknès 194, 195, 239, 293
Melilla 163, 165, 166, 171, 172, 173, 181, 193, 224, 225, 310
Melloulou (O.) 216
Mendjel (Dj.) 81
Meraina (Kt) 35, 43
Mersat Zouanif 31, 55, 56, 57, 244, 260, 301
Meskine (Dj.) 128
Messadit 174
Meziari (O.) 177
Midar 222
Misserghin 98, 99
Mohammadia 47, 115
Moksi (Dj.) 153
molasse *194, 195, 201, 205, 211*
molasses de base *67, 164, 201*
morphologies coloniales *230, 231, 232, 234, 236, 237, 240, 265, 287*
Mostaganem 154
Moulay el Arbi 167, 168
Moulay Idriss 199
Moulouya (O.) 165, 186, 218
Moyen Atlas 163, 164, 195, 201, 211, 214, 215, 216, 223, 224, 238, 242, 249, 293, 295, 301, 307, 310, 320
Mridjet (Dj.) 46
Msabi (Cht) 117
M'Sila 104
M'Sirda 33
mud-craks *121*
Murdjadjo 30, 81, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 151, 156, 159, 181, 182, 185, 310

N

Nador 186
Nekor (O.) 165, 167
nécrophages *267*
nécrose *86, 278*
Nijar 261, 312, 313

O

Oggaz (O.) 130
oligospécifique *93, 111, 208, 244, 285, 291, 292, 293, 309*
oligospécificité *186, 309, 313, 314, 320*
olistolithes *107, 108*
Onghel (O.) 118, 120
Oran 29, 81, 83, 99, 100, 259, 289
Oued Imbert 111
Oued Tlelat 128, 304, 305

Source : MNHN, Paris

Ouenkis (O.) 115, 125, 129, 147, 158, 288
Oujda 154, 163, 193, 195, 216, 218, 219, 220, 244, 296, 304, 305, 320
Ouled Aicha 55
Ouled Ali 113, 123, 128, 129, 130, 136, 144, 147, 148, 150, 152, 159
Ouled ben Adda (plateau) 32, 69, 156, 158, 229, 237, 242, 243, 244, 245, 304, 305
Ouled Bouhassoum 46
Oumata (Dj.) 148

P

paléobiocénose *271, 275, 278*
patch *66, 69, 75, 89, 92, 156, 240, 267, 271, 276, 293, 302, 305, 307, 313*
perforants *66, 154, 213, 271, 274*
phase de colonisation *242*
phase de diversification *242*
phase de préparation *242*
pinacle *191, 239*
platier *155, 189, 234, 243, 306, 309, 315*
Pont Albin 109
Pont de Sahoune 31, 43, 44, 158, 256, 260, 304, 305, 307
prédation *267*
profondeur *287*
progradation *97, 104, 109, 121, 173, 175, 177, 182, 225, 297, 298, 305, 306, 308, 309, 312, 314*
Punta Negri 171, 179

R

Rachgoun 55
Ras et Kouch (Kt) 47, 48
Ras Tarf 170
Ravin de la Vierge 99, 100, 102, 105
Ravin de Misserghin 107
Ras el Medhal (Cht) 79
récif barrière *156*
récif de haut-fond *156, 302, 304, 306*
récif de plate-forme *156, 224, 302, 304, 306, 307*
récif frangeant *81, 106, 156, 215, 225, 302, 304, 307*
Rhar Baroud 62, 63
Rharb 163, 194, 222
Rhâr (O.) 60
Ribat al Khayr 201, 211, 214, 216, 304, 305
Rif 163, 165
ripple-marks *121, 137*
Rongeurs *65*
Roraif (Cht) 58, 60
Sables d'El Bordj *151*
Saf Saf (O.) 62
Saharidj (Dj.) 145, 147
Sahélien *30, 31, 32, 58, 81, 92, 94, 111, 144, 170, 186, 193, 194*
Saint Antoine (ferme) 104
Sainte Anne (carrières) 109
Sais 195, 216
salinité *240, 241, 286, 287, 291, 307, 320*
Santa Cruz 104
Santa Pola 260, 261, 278, 287, 306, 312, 313, 315
Sassel (O.) 93
Sebaa Chioukh (Dj.) 36, 37, 38
Sebaa Chioukh (Signal) 36, 37
Sebaa Chioukh 31, 35, 157, 159, 208, 220, 242, 244, 252, 258, 260, 272, 274, 300, 301, 304, 305
Sebkha d'Oran 77, 83, 88, 92, 93, 121, 123
Sebou (O.) 201, 205, 206, 208, 211, 214
Sefrou 201, 203, 213, 215, 244
Senane (O.) 43
Sfisef (Cht) 120
Sicile 311, 312, 313
Sidi Abadallah 220
Sidi Abdallah (Marabout) 151
Sidi Abdelkader 154
Sidi AEK bou Grignat 199
Sidi Ahmed 198
Sidi Ali 154
Sidi Bel Abbes 147
Sidi Ben Diaf 46
Sidi Bougnadel 203
Sidi Brek (Dj.) 61
Sidi Brek (Marabout) 62, 63
Sidi el Arbi 65
Sidi el Mahdjoub 85, 86, 87, 258
Sidi Hâj Mohammed 169
Sidi Hâj Youssef 169, 170, 288
Sidi Kassem (Dj.) 76
Sidi M'barek 208
Sidi Medioni (O.) 91, 304, 305
Sidi Moulay Mostefa 71, 76
Sidi Safi 32, 58, 64, 65, 67, 69, 156, 229, 244, 258, 272, 274, 304, 305
Sidi Samegrane 55
Sidi Zaher 154, 220, 222
Sig 129, 136, 137, 138, 140, 141, 147, 159, 239, 288, 289, 301, 304, 305
Sillon sud-rifain 164, 165, 193, 194, 195, 224, 225, 292, 293, 294, 295, 296, 310, 311, 319, 320
Skouna (Dj.) 31, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 155, 156, 158, 260, 304, 305
Skoura 201, 211, 213, 215, 295
slumps *120*
Sokeif (Dj.) 146, 147
Sorbas 261, 313
Souk el Khemis 46, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 232, 240, 244, 251, 252, 258, 260, 274
Souk el Tnine 54, 55, 295
stratification écologique *234*
stromatolithes *83, 96, 97, 98, 101, 105, 109, 111, 146, 151, 178, 184, 246, 287, 294, 302, 305, 310, 312, 314*
stromatolithique *94, 105, 110, 123, 137, 149, 159, 178, 184, 186, 225, 312, 314*
substrat *238, 242, 245, 302, 304*
suspensivores *267, 274*

T

Tadmaya 55, 57
Tafaraoui (O.) 123
Tafaraoui (Plc) 123, 159
Tafaraoui 123, 128, 142, 144, 158, 273, 274, 304, 305
Tafna (bassin de la) 29, 31, 57, 220, 296, 304, 305, 320

Source : MNHN, Paris

Tafna (O.) 31
Tafrast 175
Tagrart 210
Talilit 167, 168
talus récifal *123, 134, 135, 155, 243, 309, 315*
Tammermouth 109
Tamzourah 81, 113
Taourirt 218, 220
Taourirt Medil 179, 180, 181, 183, 184, 186, 239, 288, 304, 305
tapis (coralliens) *124, 130, 142, 183, 274*
Taza 193, 194, 211, 215, 216, 217, 222, 225, 296, 304, 305
Tazarine 216
Tazdaït 208
Tazouta 214, 215, 244, 252, 260, 295, 304, 305
Tazrou 63
Tazzeka 216, 296, 320
température *240, 241, 286, 287, 290, 299*
Temsalmet (ferme) 101, 108
Terziza 98, 101
Tessala (Dj.) 115, 147, 148
Tessala 37, 113, 144, 229, 233, 238, 244, 245, 274, 288, 292, 295, 300, 301, 310
thanatocénose *274*
Tidda (Dj.) 37, 39
Tifarouine 83, 89
Tijjout 187
Tim'ardine (O.) 180
Tirhârfâtine (O.) 174, 175, 178, 183
Tizeroutine 222
Tlelat (O.) 129
Tlemcen 33, 54, 221, 222, 296
tombant récifal *106, 108, 120, 182, 306, 309*
topographie *240*
Toscane 313
Touaka (Dj.) 136, 138, 141
Touhar (col de) 194, 215, 216
Tounit (Dj.) 81
Touzen (Dj.) 129, 147
Traras 44, 153, 155, 158, 208, 239, 300
Trois Fourches (Cap des) 165, 171, 172, 173, 225, 288, 302
trophisme *267, 279, 281*
Trougout 167
Tunisie 311, 312, 313
turbidite *158, 225, 234, 235, 239, 240, 241, 287, 302, 306, 307*
Turolien *65*
Turquie 311
Tzioua 71, 72, 230, 245, 252, 258, 260, 268, 269, 271, 274, 277

U

upwellings *170, 288, 289, 290, 292, 319*

Y

Youcef el Mehamir (Cht) 79

Z

Zahana 128, 129
Ziata 186
Zra (O.) 214

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

PLANCHES

Source : MNHN, Paris

Planche I

MORPHOLOGIES COLONIALES

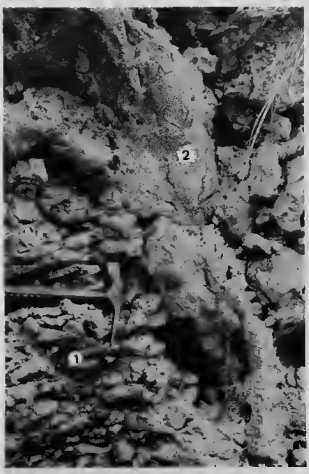
1. — Colonies branchues de *Tarbellastraea*.
Kebdana, Maroc.

2. — Colonie de *Tarbellastraea* (2) épousant la forme d'une paléosurface gréseuse (1).
Kebdana, Maroc.

3. — Détail de colonies de *Tarbellastraea*.
Kebdana, Maroc.

4. — Colonies massives lamellaires de *Porites*.
Kebdana, Maroc.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE II

MORPHOLOGIES COLONIALES

1. — Ensemble dense de colonies colonnaires de *Tarbellastraea*.
Tzioua, Algérie.

2. — Détail de colonies colonnaires de *Tarbellastraea*. Noter la présence d'un exemplaire de *Cypraea* (flèche) dans le remplissage biodétritique.
Tzioua, Algérie.

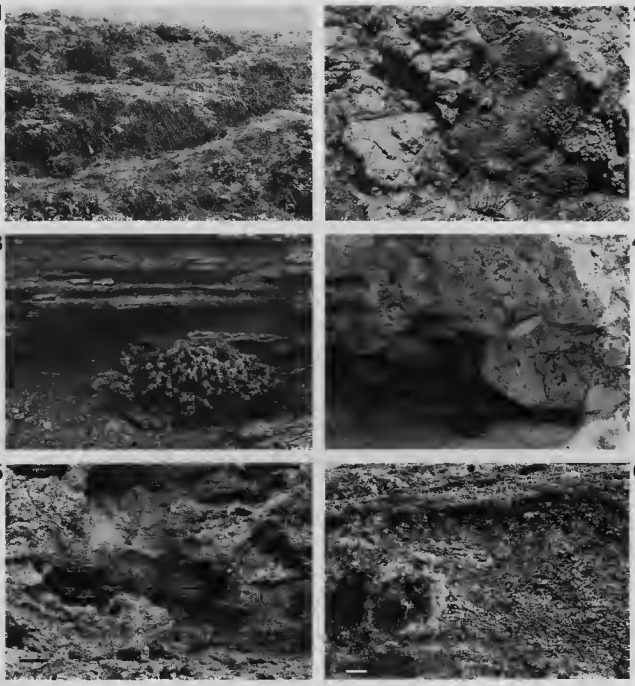
3. — Bouquet de colonies de *Tarbellastraea* ennoyé dans des dépôts sableux.
Kebdana, Maroc.

4. — Colonie hémisphérique renversée de *Tarbellastraea* qui s'est développée autour d'un galet (flèche), dans un environnement à fortes décharges détritiques grossières.
Arham Amellal, Maroc.

5. — Colonies en cloches formées de calottes superposées et marquant ici le sommet de l'édification (trait : 50 cm).
Arham Amellal, Maroc.

6. — Colonie massive subsphérique de *Tarbellastraea* (1) enveloppée par un ensemble de colonies digitées (2) de *Porites* (trait : 25 cm).
Souk el Khemis, Algérie.

Source : MNHN, Paris



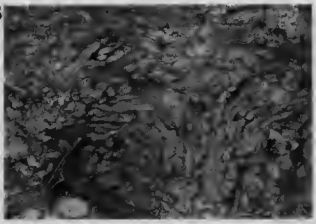
Source : MNHN, Paris

PLANCHE III

MORPHOLOGIES COLONIALES

1. — Ensemble colonial renversé de *Porites lobatosepta* Chevalier montrant les bourgeonnements successifs des colonies digitées (échelle : 20 cm).
   Souk el Khemis, Algérie.
2. — Gerbe de colonies digitées de *Porites lobatosepta* Chevalier au sein d'un sédiment marneux.
   Souk el Khemis, Algérie.
3. — Colonies de *Porites lobatosepta* Chevalier. Noter l'importance du sédiment marneux.
   Souk el Khemis, Algérie.
4. — Ensemble de colonies digitées de *Porites lobatosepta* Chevalier.
   Tazouta, Maroc.
5. — Gerbe de colonies digitées de *Porites lobatosepta* Chevalier.
   Souk el Khemis, Algérie.
6. — Colonie massive de *Porites calabricae* Chevalier (1) entourée de colonies digitées de *Porites lobatosepta* Chevalier orientées diversement (2). Noter la présence d'une petite colonie d'*Acanthastrea* (flèche).
   Souk el Khemis, Algérie.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE IV

MORPHOLOGIES COLONIALES

1. — Ensemble constitué de colonies en bâtons de *Porites* (trait : 50 cm). Le cœur des colonies a été dissous et il ne reste de la morphologie initiale que des « tubes » plus ou moins allongés.
   Murdjadjo, Algérie.

2. — Ensemble de colonies digitées partiellement dissoutes de *Porites*.
   Cap des Trois Fourches, Maroc.

3. — Détail de colonies digitées affectées par la dissolution. Noter la présence dans le remplissage d'exemplaires de *Chlamys pusio* (Linné) (flèches).
   Cap des Trois Fourches, Maroc.

4. — Ensemble formé de colonies laminaires plates horizontales et de digitations verticales de *Porites*.
   Murdjadjo, Algérie.

5. — Ensemble colonial à *Porites* montrant la juxtaposition de deux types de croissance. Noter que la gerbe verticale de colonies en bâtons (au centre de la photographie) est issue de colonies laminaires constituant des tapis successifs (au niveau du marteau). Ces mêmes colonies à développement vertical émettent des expansions latérales, le tout affectant la forme d'ombrelles superposées (la flèche indique la zone agrandie dans la vue suivante).
   Oued Medouar, Maroc.

6. — Détail de la vue 5 montrant le passage des colonies verticales aux expansions latérales laminaires.
   Oued Medouar, Maroc.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

PLANCHE V

MORPHOLOGIES RÉCIFALES

1. — Corps récifal montrant l'avancée successive (vers la gauche) de fronts construits à *Porites* et débris de talus, riches en fragments d'*Halimeda*. Noter la surface supérieure plane.
   Oued Sassel, Algérie.

2. — Détail de la progression d'un corps récifal à *Porites* vers l'extérieur. Remarquer la succession des divers fronts et les épaississements correspondant à des parties plus construites.
   Djorf Sassel, Algérie.

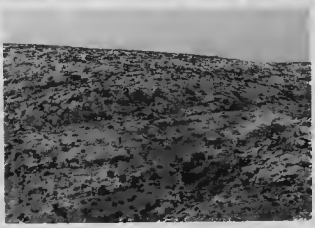
3. — Faciès de talus récifal. Les colonies de *Porites* peu discernables sont englobées dans une sédimentation détritique, chaotique.
   Aoud Sma, Algérie.

4. — Morphologie de pente récifale interne. Noter les amas de blocs récifaux conservés en place sur le rebord du talus.
   Bou Ziri, Algérie.

5. — Corps construit corallien isolé en forme de dôme évasé (2) reposant sur des niveaux calcaires (1) chargés vers le haut en Mélobésiées. Les dépôts postérieurs (3), riches en ooïdes, moulent la morphologie récifale.
   Bou Seter, Algérie.

6. — Excavations à l'intérieur de masses construites denses à *Porites* correspondant sans doute à des cavités originelles.
   Cap des Trois Fourches, Maroc.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

Planche VI

RÉCIFS STRATIFIÉS

1. — Complexe récifal formé de barres construites stratifiées reposant sur des marnes (m).
Sebaa Chioukh, Algérie.

2. — Ensemble de barres construites coralliennes stratifiées (2) surmontant des dépôts marno-sableux (1).
Bordure des Traras, Algérie.

3. — Détail de la succession de niveaux construits soumis à des apports argileux et où dominent les colonies digitées de *Porites* (1) et de niveaux plus compacts à divers constructeurs coralliens et remplissage biodétritique abondant (2).
Souk el Khemis, Algérie.

4. — Masse récifale (patch) constituée de colonies colonnaires juxtaposées de *Tarbellastraea* (1) et recouverte de dépôts calcarénitiques (2). Cette disposition est assez représentative de l'environnement de plate-forme en Oranie occidentale.
Douar Sidi bou Azza, Algérie.

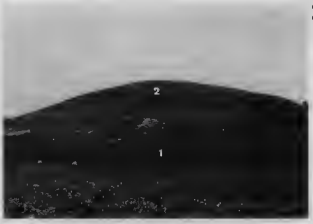
5. — Barres construites stratifiées affectant la forme de vastes dômes.
Plateau d'El Ouata, Maroc.

6. — Ensemble de niveaux à *Porites* correspondant à des stades successifs d'édification.
Bir Tam Tam, Maroc.

Source : MNHN, Paris

1

2



3

4

5

6

Source : MNHN, Paris

Planche VII

RÉCIFS À *PORITES*, PHÉNOMÈNES DE PROGRADATION

1. — Superposition d'une couche puissante de calcaire de plate-forme à Mélobésiées (1), à la surface supérieure plane, et d'un complexe corallien à *Porites* (2) formé de corps bien individualisés emboîtés indiquant une migration descendante de l'édification vers le bassin.
   Murdjadjo, Algérie.

2. — Système de lentilles récifales emboîtées (2) reposant sur une masse de calcaire à Mélobésiées (1).
   Murdjadjo, Algérie.

3. — Détail de l'agencement d'un système de migration descendante de corps récifaux à *Porites* établi sur une plate-forme carbonatée riche en Mélobésiées et en éléments biodétritiques (1). Noter que chaque corps corallien (3) est marqué par une surface supérieure plane et un front bien marqué et repose sur des niveaux lités pentés (2) correspondant au talus biodétritique chargé en fragments d'*Halimeda* issu du corps construit précédent (l'ensemble progresse vers la droite de la vue).
   Cap des Trois Fourches, Maroc.

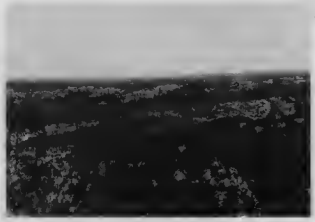
4. — Complexe récifal à *Porites* montrant une progradation générale descendante (vers la droite).
   Cap des Trois Fourches, Maroc.

5. — Système de progradation de corps construits à *Porites*.
   Cap des Trois Fourches, Maroc.

Source : MNHN, Paris

1

2



3

4

5

Source : MNHN, Paris

PLANCHE VIII

RÉCIFS ET SÉDIMENTATION

1. — Déformations synsédimentaires gravitaires dans des niveaux pré-récifaux.
Bou Seter, Algérie.

2. — Formations messiniennes fortement redressées. Sur des couches de calcaire à Mélobésiées (1) s'installe un récif à *Porites* (2) recouvert de niveaux marneux et gréseux (3).
Tafaraoui, Algérie.

3. — Déformation synsédimentaire affectant des dépôts sableux (sur la droite) et pouvant révéler la manifestation d'une paléosismicité. Noter que les constructions à Mélobésiées et Madréporaires s'établissent autour de cette paléomorphologie.
Hammar Semmoumet, Algérie.

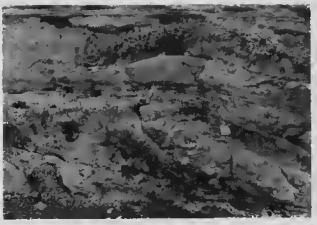
4. — Niveaux de calcaires biodétritiques riches en Mélobésiées (1), s'organisant en un système de progradation d'écailles sigmoïdes, surmontés d'un complexe récifal corallien (2) présentant une migration descendante des corps construits sur le même talus et selon la même direction de progression.
Cap des Trois Fourches, Maroc.

5. — Zone externe d'un complexe récifal à *Porites* où les dernières constructions (1) sont recouvertes de dépôts marno-sableux à gréseux (2).
Cap des Trois Fourches, Maroc.

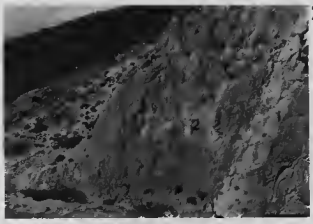
6. — Périphérie d'un complexe récifal progradant à *Porites*. Contre le tombant récifal (1) se sont déposées des marnes sableuses (2) au sein desquelles se développe un ensemble de constructions stromatolithiques (3) qui viennent recouvrir partiellement l'édifice corallien.
Cap des Trois Fourches, Maroc.

Source : MNHN, Paris

1



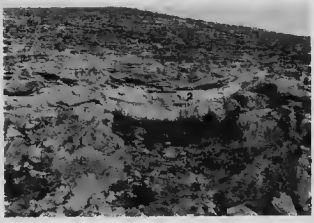
2



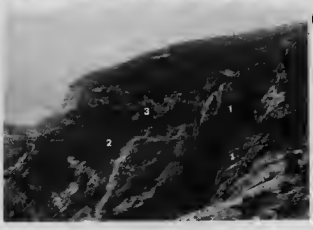
3

4

5



6



Source : MNHN, Paris

PLANCHE IX

SÉDIMENTS MESSINIENS POST-RÉCIFAUX

1. — Constructions stromatolithiques recouvrant la périphérie d'un édifice corallien.
Cap des Trois Fourches, Maroc.

2. — Formation stromatolithique post-récifale.
Plage de Sassel, Algérie.

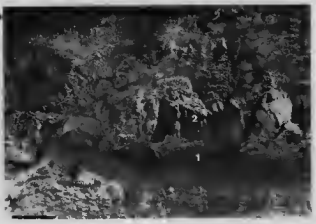
3. — Coupole d'origine stromatolithique développée au sein de dépôts calcaires à ooïdes post-récifaux (trait : 25 cm).
Bou Seter, Algérie.

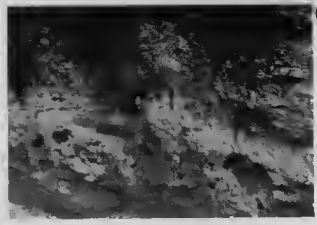
4. — Constructions à Serpulidae, fréquentes dans les dépôts post-récifaux à ooïdes et stromatolithes.
Bled Keroulis, Algérie.

5. — Déformations synsédimentaires dans les sédiments post-récifaux déposés contre le talus récifal. Des glissements en masse de niveaux indurés sur des couches beaucoup plus meubles, affectées de slumps (1), ont entraîné la dislocation en gros blocs (2) de calcaires à ooïdes.
Murdjadjo, Algérie.

6. — Figure d'expulsion au sein des sédiments post-récifaux. Noter la poussée du matériel meuble (flèches) sur les niveaux plus consolidés.
Murdjadjo, Algérie.

Source : MNHN, Paris





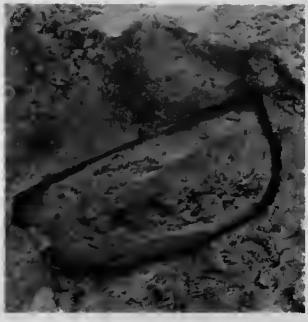
Source : MNHN, Paris

Planche X

FAUNE RÉCIFALE

1. — Exemplaires de *Chama* fixés sur une colonie de *Porites* (p) et englobés secondairement dans le squelette corallien.
   Cap des Trois Fourches, Maroc.
2. — Coquille d'*Arca noae* Linné (longueur : 5 cm) dans un espace intercolonial (p : *Porites*).
   Cap des Trois Fourches, Maroc.
3. — Accumulation de coquilles de Cerithidae entre deux masses construites (trait : 2 cm).
   Bou Djebaa, Algérie.
4. — Exemplaire de *Panopea* en position de vie dans un sédiment sableux intercorallien.
   Kebdana, Maroc.

Source : MNHN, Paris



BIBL. DU MUSÉUM PARIS

Source : MNHN, Paris

ACHEVÉ D'IMPRIMER
EN FÉVRIER 1990
SUR LES PRESSES
DE
L'IMPRIMERIE F. PAILLART
A ABBEVILLE

BIBL. DU
MUSEUM
PARIS

DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1990
N° IMP. 7327, DISTRIBUÉ LE 13 FÉVRIER 1990

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

DERNIERS TITRES PARUS
RECENTLY PUBLISHED MEMOIRS

SÉRIE A (ZOOLOGIE) :

Tome 144 : Jacques FOREST (ed.), 1989. — Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 5. 385 pp. (ISBN 2-85653-164-4) 440 FF.

Tome 143 : Jacques FOREST (ed.), 1989 — Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 4. 260 pp. (ISBN 2-85653-150-4) 320 FF.

Tome 142 : Simon TILLIER (ed.), 1988 — Zoologia Neocaledonica. Volume 1. 158 pp. (ISBN 2-85653-163-6) 220 FF.

Tome 141 : Jean-Pierre HUGOT, 1988 — Les Nématodes Syphaciinae, parasites de Rongeurs et de Lagomorphes. Taxonomie. Zoogéographie. Évolution. 154 pp. (ISBN 2-85643-157-1) 200 FF.

Tome 140 : Alain DUBOIS, 1988 — The genus in zoology. A contribution to the theory of evolutionary systematics. 124 pp. (ISBN 2-85653-151-2) 150 FF.

SÉRIE B (BOTANIQUE) :

Tome 31 : Odile PONCY, 1985 — Le genre Inga (Légumineuses, Mimosoideae) en Guyane française. Systématique, Morphologie des formes juvéniles, Écologie. 124 pp. (ISBN 2-85653-135-0) 210 FF.

Tome 30 : Lucile ALLORGE, 1985 — Monographie des Apocynacées — Tabernaemontanoïdées américaines. 216 pp. (ISBN 2-85653-132-6) 280 FF.

Tome 29 : Monique KEDDAM-MALPLANCHE, 1985 — Le Pollen et les stomates des Gardéniées (Rubiacées) du Gabon. Morphologie et tendances évolutives. 109 pp. (ISBN 2-85653-131-C-8) 220 FF.

Tome 28 : Marie-France ROQUEBERT, 1981 — Analyse des phénomènes pariétaux au cours de la conidiogenèse chez quelques Champignons microscopiques. 79 pp. (ISBN 2-85653-116-4) 130 FF.

Tome 27 : Auteurs multiples, 1981 — Entretiens du Muséum : Palynologie et Climats, 16-18 octobre 1979. 302 pp. (ISBN 2-85653-110-5) 300 FF.

SÉRIE C (SCIENCES DE LA TERRE) :

Tome 55 : Georges BUSSON (ed.), 1988 — Évaporites et hydrocarbures. 144 pp. (ISBN 2-85653-155-5) 180 FF.

Tome 54 : Monette VÉRAN, 1988 — Les éléments accessoires de l'arc hyoïdien des poissons téléostomes (Acanthodiens et Osteichthyens) fossiles et actuels. 114 pp. (ISBN 2-85653-154-7) 150 FF.

Tome 53 : Donald E. RUSSELL, Jean-Pierre SANTORO and Denise SIGOGNEAU-RUSSELL, 1988 — Teeth Revisited : Proceedings of the VIIth International Symposium on Dental Morphology. 462 pp. (ISBN 2-85653-148-2) 625 FF.

Tome 10 : Jacques ROGER, 1962 (Réimpression/Reprint 1988) — Les Époques de la nature. Édition critique. 344 pp. (ISBN 2-85653-160-1) 100 FF.

Tome 52 : Donald E. RUSSEL and ZHAI Ren-Jie, 1987 — The Paleogene of Asia: mammals and stratigraphy. 490 pp. (ISBN 2-85653-140-7) 300 FF.

Prix hors taxe, valides jusqu'à juin 1990. Frais de port en sus. Vente en France : TVA 2,10 %.

Prices in French Francs are valid until June 1990. Postage not included.

Source : MNHN, Paris

Le phénomène récifal corallien est un des événements sédimentaires majeurs qui, au Miocène supérieur et plus particulièrement au Messinien, ont marqué l'histoire de la Méditerranée. Ce mémoire qui en dresse le bilan à l'échelle de l'Algérie et du Maroc est le document le plus complet concernant cet évènement. Reposant sur une quantité inhabituelle d'observations, l'étude proposée débouche sur des enseignements de portée générale tant sur le fonctionnement de l'écosystème récifal que du point de vue des mécanismes de l'édification et des implications d'ordre paléogéographique, tectonique et eustatique.

Jean-Paul SAINT MARTIN, est Maître de Conférences à l'Université d'Aix-Marseille I après avoir enseigné la géologie successivement à l'Université d'Oran en Algérie puis à l'Ecole Normale Supérieure de Fès au Maroc. Cette affectation professionnelle dans les régions mêmes où il exerçait ses recherches lui a permis d'acquérir ainsi une connaissance approfondie de la géologie régionale mise à profit dans son travail de terrain.

ÉDITIONS
DU MUSÉUM
38,
RUE GEOFFROY
SAINT-HILAIRE
75005 - PARIS
1990
ISBN . 2-85653-170-9
ISSN . 0246-1196

PRIX : 400 FF TTC (France)
392 FF (Étranger)

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris